

中国科学院
兰州地质研究所集刊

第一号

科学出版社

7946

中国科学院
兰州地质研究所集刊

1-66
第一号

科学出版社

1982

内 容 简 介

本期集刊中共有论文十一篇。其中，“陆相有机质聚集、演化及成油阶段”等六篇着重论述了油气形成、演化、运移及油源对比等问题。还有五篇论文分别论述了陆相沉积中古气候演变和成矿元素演化、碳酸盐岩中的藻类及其指相意义、定性和半定量数据的聚类分析在碳酸盐岩分类和岩相划分上的应用、应用扫描电镜研究显微球体黄铁矿以及 *Cyprideinae* 的一个新属等。这些论文都是中国科学院兰州地质研究所的研究成果。

中 国 科 学 院 兰 州 地 质 研 究 所 集 刊

第 一 号

*

科 学 出 版 社 出 版

北 京 朝 阳 门 内 大 街 137 号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行 各 地 新 华 书 店 经 售

*

1982 年 1 月 第 一 版 开 本 : 787 × 1092 1/16
1982 年 1 月 第 一 次 印 刷 印 张 : 13 1/4 插 页 : 9
印 数 : 0001—1,760 字 数 : 300,000

统 一 书 号 : 13031 · 1810

本 社 书 号 : 2462 · 13—14

定 价 : 3.10 元

科 技 新 书 目 : 17-38

前 言

我国石油工业的迅速发展提出了许多迫切需要解决的理论课题，也为石油地质科学的发展开辟了广阔的前景。

经过三十年的勘探工作，在我国发现了丰富的油气资源，目前所发现的油气田，大都形成于主要堆积陆相沉积的盆地中，它们为陆相油气形成的研究提供了丰富的材料。在大量实际资料的基础上，陆相油气形成的理论正在逐步建立。实践证明，成油理论认识上的重大进展，对寻找油气资源，具有重要的指导作用。

中国科学院兰州地质研究所是一个对岩石圈及其中的沉积矿产进行有机地球化学、元素同位素地球化学、沉积学、构造地质学、古生物学及数学地质、遥感应用研究的综合性研究所。本集刊将不定期地刊登我所的研究成果。在集刊的第一号中刊登了油气形成方面的十一篇论文，共约 20 万字。尽管有些讨论还是初步的认识，但仍反映了陆相油气形成理论研究的一个侧面。我们希望通过这本集刊的出版，能促进和兄弟单位之间的学术交流，共同把上述相关学科的理论研究提高一步。

中国科学院兰州地质研究所

目 录

前言	(i)
陆相有机质聚集、演化及成油阶段	罗斌杰 杨醒华 王有孝 (1)
沥青“ <i>A</i> ”正构烷烃的双峰群特征与烃类的运移	邵宏舜 (63)
油源对比及成油环境	沈 平 王有孝 申岐祥 程学惠 吴贻华 (86)
根据孢子花粉推断油源岩的研究	江德昕 杨惠秋 (99)
酒泉西部盆地原油和岩石中的卟啉特征	王金旺 (111)
油气运移的分期及其特征	惠荣耀 (125)
陆相沉积中古气候演变及元素的迁移、聚集和演化	黄汝昌 (137)
陕甘宁盆地奥陶纪碳酸盐岩中的藻类及其指相意义	晋慧娟 (161)
<i>Cyprideinae</i> 的一个新属 <i>Yumenella</i>	李景贵 张清兰 (172)
定性和半定量数据的聚类分析及其在研究碳酸盐岩分类和岩相划分上的应用	华保钦 林锡祥 杨世倬 (178)
应用扫描电镜研究显微球体黄铁矿及其地质意义	林禾杰 (201)

MEMOIRS OF LANZHOU INSTITUTE OF GEOLOGY,
ACADEMIA SINICA

No. 1

CONTENTS

Preface	(i)
The Accumulation, Evolution and Stage of Petroleum Formation of Continental Originic Matter	
..... Luo Binjie, Yang Singhua, Wang Youxiao	(1)
The Characteristics of Bimodal Group of Normal Paraffin in Chloroform Bitumen "A" and Migration of Hydrocarbon.....	Shao Hongshun (63)
Comparison between Petroleum and Source Rock and Environments of Petroleum Formation	
.....Shen Ping, Wang Youxiao, Sheng Qixiang, Cheng Xuehui, Wu Yihua	(86)
Studies of Source Rocks Judging from Spore and Pollen.....	Jiang Dexin, Yang Huiqiu (99)
The Characteristics of the Metalloporphyrin of Crude Oil and Rocks in the Jiuxi Basin	
..... Wang Jinwang	(111)
The Stages and Characteristics of Oil-Gas Migration.....	Hui Rongyao (125)
Palaeoclimatic Development and Migration, Accumulation and Evolution of Elements in Continental Sediments.....	Huang Ruchang (137)
Environmental Significance of Algae in the Ordovician Carbonate Rock of Shaanxi-Gansu-Ningxia Basin	Jin Huijuan (161)
<i>Yumenella</i> —A New Genus of the Subfamily Cyprideinae	Li Jinggui, Zhang Qinglan (172)
Clustering Analysis of Qualitative and Semiquantitative Data Applied to Carbonate Rock Classification	Hua Baoqin, Lin Xixiang, Yang Shizhuo (178)
Apply Scanning Electron Microscope to Research Microchondritic Pyrite and It's Geologic Meanings ...	
..... Lin Hejie	(201)

陆相有机质聚集、演化及成油阶段

罗斌杰 杨醒华 王有孝

一、湖相沉积有机质及聚集保存环境

石油及天然气是沉积原始有机质演化形成的。现代的各类水域沉积物中,含有丰富的有机质,湖相沉积物中的有机质含量并不低于海洋沉积物(表1)。中国陆相盆地生油岩与国内外某些海相沉积生油岩中有机质含量比较,也是不低的(表2)。

表1 不同水域沉积物中有机碳含量比较

水域	淡水湖			微咸水湖				内海	海洋		
	名称	休伦湖	贝加尔湖	依利湖	巴尔喀什湖	威海	里海	青海湖	黑海	黄海	印度洋
水的含盐量%	0.096	0.091	0.127	1.5—5	10.2	12—13	12.5	17.5	—35		
有机碳	2.73	2.10	2.54	0.95	0.63	2.10	2.29	1.80	0.1—0.65	0.56	0.43

表2 中国某些陆相生油岩和国内外海相生油岩有机碳含量

沉积相	地区	生油岩时代	有机碳
陆相	酒西盆地	K ₁	0.72—3.28
	东营盆地	E ₃	1.66
	潜江凹陷	E ₃	0.40
	四川盆地	J	0.80(灰岩)
	陕甘宁盆地	T ₃	1.44
	松辽盆地	K ₁	2.21
	华北	E	1.20—2.50
海相	美国文图拉、洛杉矶	N ₁ , N ₂	3.21
	苏联第一巴库	N ₁	7.05
	加拿大阿尔伯达	K	2.02
	委内瑞拉拉巴斯	K	3.67
	美国得克萨斯	P	1.66
	四川盆地	P	0.3—0.8(灰岩)

我国中、新生代发育了三百多个陆相沉积盆地,大者约 40 万平方公里,蕴藏着丰富的油气资源。这些油气主要是由湖相沉积形成的。有机质在沉积岩中的存在状态和演化阶段与沉积岩的沉积、成岩和变质的阶段密切相关。

世界上没有两个地质历史完全相同的油田,也没有两个组成性质完全一样的原油。然而,尽管不同含油区生油的原始母质不同,发展历程和条件不同,决定了最终产物性质的多样化,但从原始有机质演化为石油的整个过程却很类似,有共同的规律。研究一些典型资料,有助于认识过程的特征。

本文是在青海湖等现代湖泊和酒西等古代含油气盆地研究的基础上,对湖相沉积有机质的类型、聚集、保存环境和有机质的演化与成油阶段的某些具体特征进行的一次讨论。

(一) 湖相生油的原始有机质

1. 某些含油气盆地的干酪根特征

我国一些地区生油岩中干酪根分析,它们在 O/C 原子比为 0.1—0.3 时, H/C 原子比为 1.5—1.0 和 1.0—0.5 之间,多属混合母质的干酪根类型(图 1)。从趋势上看,我国西部地区盆地的干酪根靠近腐殖型,东部地区盆地的干酪根靠近腐泥型。这种情况是由陆相湖盆的沉积环境和生物有机质特征决定的。

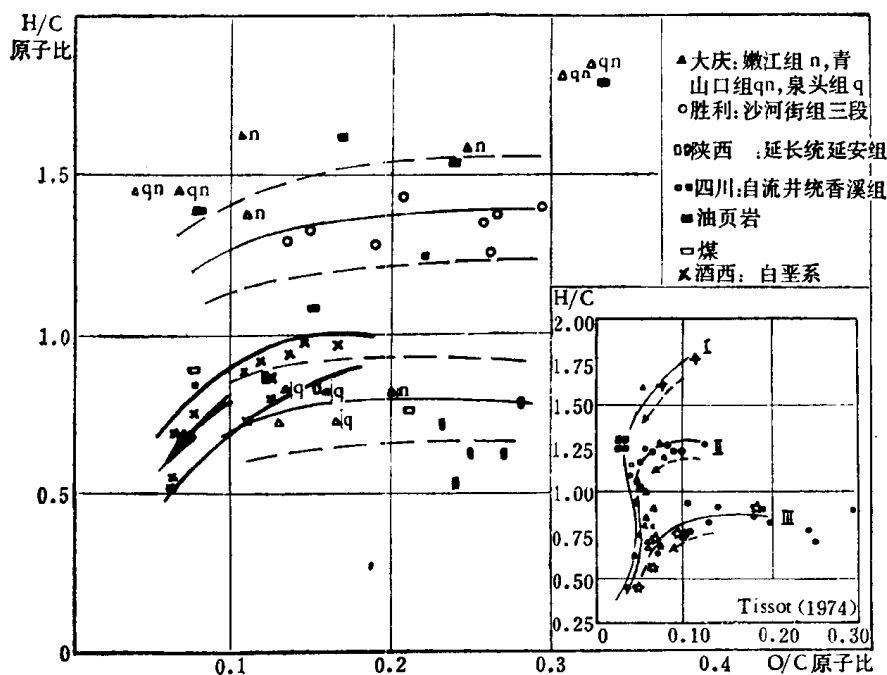


图 1 我国某些盆地生油岩的干酪根类型¹⁾

1) 据黄第藩等的资料补充。

2. 影响有机质性质的因素

(1) 混合的原始生物类型

我国中生代陆相生油岩中发现的化石，以湖相的介形类、藻类、鱼类、叶肢介、瓣鳃类、腹足类和轮藻等水生生物最为常见，尤以介形类等常成层出现，并普遍有孢粉和植物分布，在华北地区的局部夹层中还见有海相的管栖多毛类和有孔虫。不同时代和不同地区中生物群的组成和数量均有变化(图 2)，如在二叠系至第三系中普遍有孢粉、植物以及介形类、藻类和鱼类等水生生物，叶肢介在白垩系中最发育，轮藻和腹足类等在白垩系和第三系发育。白垩系、第三系的生物组合，似比二叠系、三叠系和侏罗系更丰富些。总的特征是水生生物为主，有陆生植物混杂。

(2) 受湖区气候条件影响的多种沉积环境

沉积环境影响着原始生物类型和沉积有机质的性质。不同的湖泊类型及其所处的不

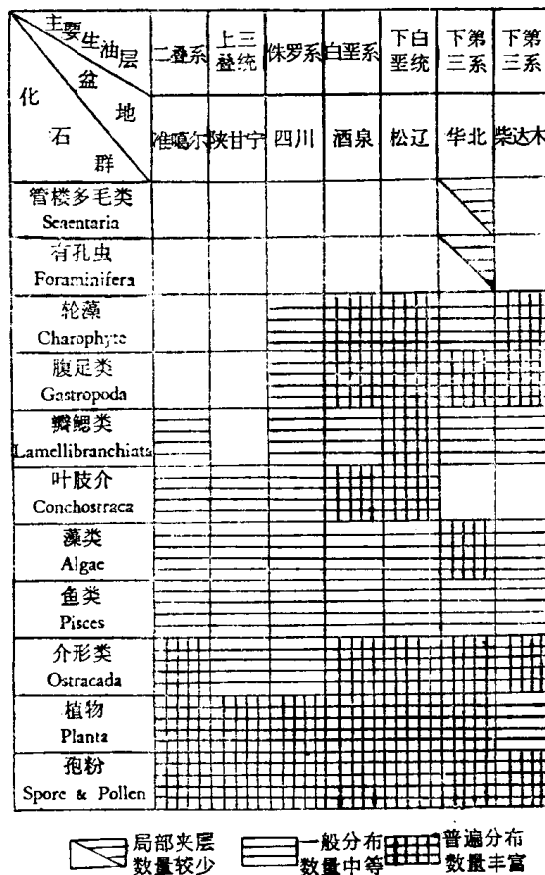


图 2 中国陆相生油层古生物群¹⁾

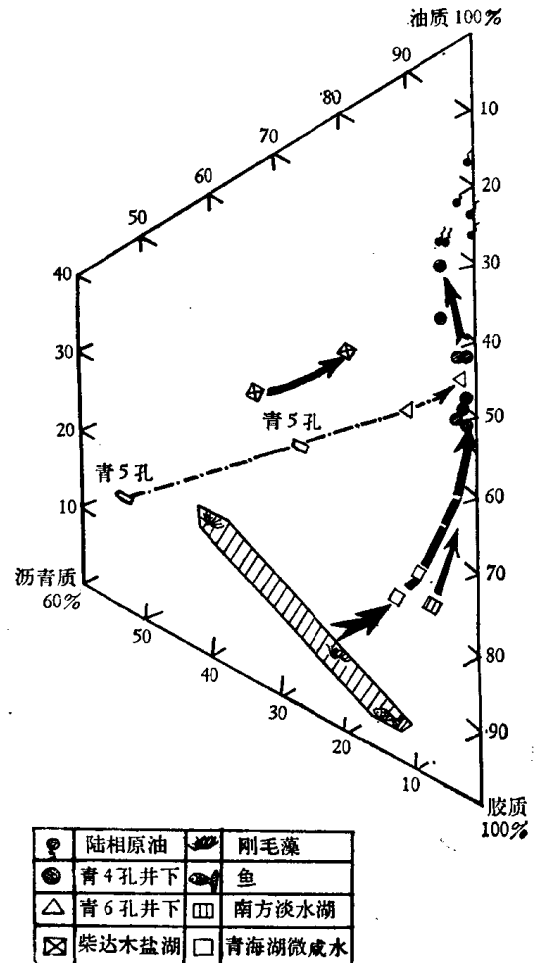


图 3 不同盐度湖泊沉积物的沥青组分三角图
(中国科学院兰州地质研究所等, 1979)

1) 据王捷等资料整理, 1978。

同发展阶段,生物生长和有机质类型有很大的差别,如松辽盆地早白垩世青山口组,生油岩的沉积环境为深湖—半深湖,淡水—微咸水型湖泊,原始生物以低等浮游生物为主,有36个介形虫层,干酪根接近腐泥型。陕甘宁盆地早侏罗世延安组的沉积环境为湖泊—沼泽,淡水—微咸水型,含煤。生油岩中常见植物残屑,有更多的陆生植物参加,干酪根为腐殖型(图1)。

湖水盐度也影响着水生生物的生长和沉积有机质的性质。不同盐度的湖泊中,生物的种属不同。湖水迅速咸化时生物种属虽然减少,但数量仍可很大,且有利于有机质的保存。有些淡水湖泊沉积物的有机质中胶质含量较高,有些咸水湖泊沉积物的有机质中,沥青质、油质含量较高(图3)。淡水石油的含硫量低,咸水石油的含硫量高。

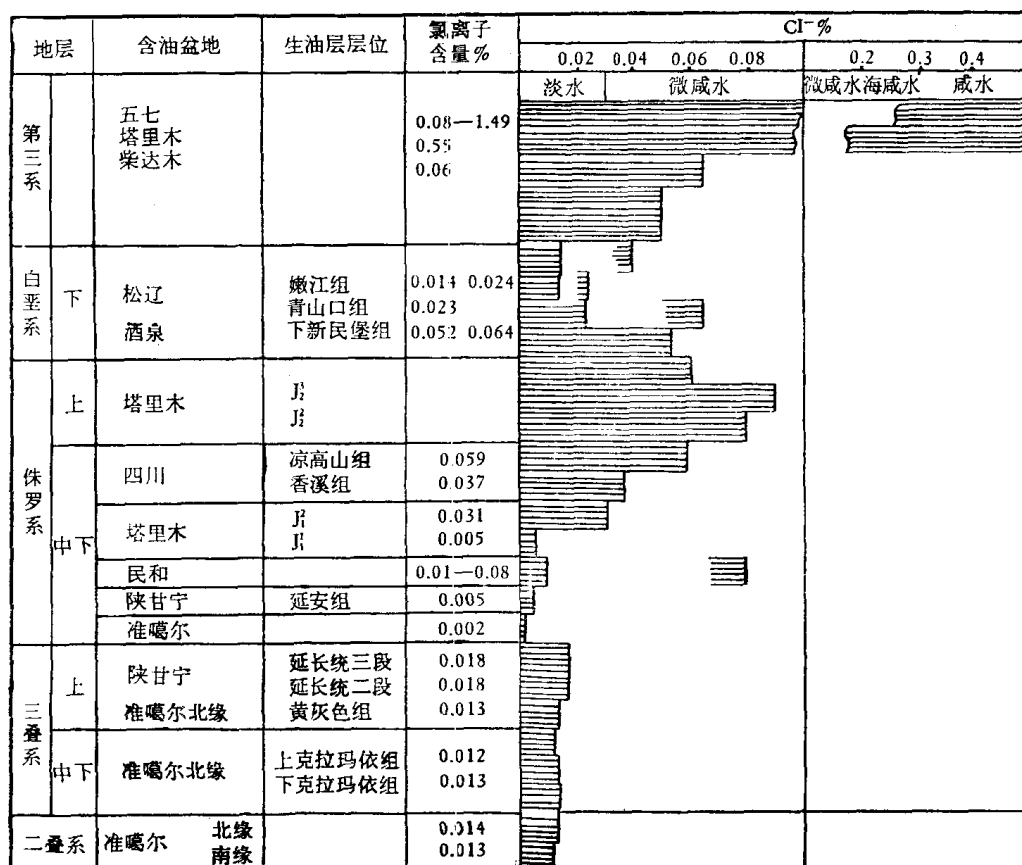


图4 中国陆相生油岩氯离子含量范围

我国中生代陆相含油气盆地,含盐量受气候旋回和湖水补给条件的控制,在一定范围内变动,其总的趋势是逐渐咸化。生油岩的氯离子含量,在上三叠统和下侏罗统一般小于0.02%,为淡水。中上侏罗统至下白垩统,一些是0.02—0.03%,部分是0.03—0.10%,除淡水外还有微咸水。第三纪生油岩多为微咸水,个别为咸水(图4)。总的说来,中国主要含油气盆地的生油岩多为淡水或微咸水。

(3) 浮游植物等低等水生生物发育

现代世界的大型陆相水域,无论是潮湿,或半潮湿—半干燥气候下由大陆水系补给形

成的湖泊(如我国长江中、下游的一些湖泊和青海湖等),或者是水体来源于海水的残留海盆(像咸海、里海、黑海),还是与大洋仍保持连通的内海(如地中海等),其水质基本是淡水或微咸水(见表1)。淡水、微咸水环境生油为主,煤系及个别含盐地层中相对淡化的层段,仍有生油岩系发育,这是陆相生油水介质的一个重要特征。

一些湖泊的研究表明,在淡水、微咸水水域中,浮游生物特别是浮游植物十分发育(表3)。如在青海湖更新统中发现有螺类化石、介形虫和藻类残体。在一些湖湾和河口的浅水地区发现有少量的沉水植物和一些大型藻类。鱼类只有一种普氏裸鲤,但平均亩产尚有4—6公斤。底栖动物有19个属,每平方米泥样中约有400个(0.97克/平方米)。在湖底淤泥中,有大量的介形虫成层堆积,湖底一米厚的沉积泥柱中可有二至三层,每层厚约一厘米。湖中浮游生物十分发育,年平均总量为59,265个/升,其中,浮游植物为58,847个/升,浮游动物为418个/升。浮游植物有38属,以硅藻为主,平均占60%以上。不过绿藻中的刚毛藻异常茂盛,在湖底沉积物中常成层出现,它的湿重含量一般不低于50克/平方米,最高达2360克/平方米。在湖区南侧一些湖湾岸边,漂浮的刚毛藻混杂一些根枝藻堆积成了“绿色的堤岸”,高0.5米,宽一米,长达百米以上。

表3 青海湖与长江中下游淡水湖泊生物数量

湖名	浮游植物(个/升)	浮游动物(个/升)	底栖动物(克/平方米)	水生高等植物(克/平方米)
青海湖	58,847	418	0.97	0
梁子湖	47,175	1,683	135.13	469
花马湖	1,365,000	10,931	67.06	161—376
东湖	563,775	2,475	—	5,500—7,250
洪湖	86,700	—	114.7	37,000
大通湖	2,180,000	132	166.0	9.3
五里湖	267,463	5,121	—	—

(中国科学院兰州地质研究所等, 1979)

表4 青海湖一些浮游生物出现的季节

浮游生物	夏	秋	冬	春
轮虫	有	无	无	有
枝角类	有	有	无	无
原生动物	有	有	有(少)	有
桡足类	有	有	有	有
金藻	无	无	出现	有
裸藻	无	有	无	无
刚毛藻	遍及全湖		水中无、沉积物中有	

青海湖现在生活的水生生物,每年都有大量的繁殖和消亡(表4、5)。从表中可见,每年消亡的浮游植物量比消亡的浮游动物量至少高出几十倍。沉积物中有机碳、有机氮比值一般为7—11,平均为8.5,与浮游生物,特别是浮游植物的C/N比值相近,这也表明

表 5 青海湖不同季节浮游生物的数量比较(个/升)

地 区	浮游生物	夏	秋	冬	春	平 均
西南区	浮游植物	112,703	73,693	26,583	65,833	69,690
	浮游动物	1,023	352	105	460	778
	总计	13,726	75,918	26,688	66,293	70,168
东北区	浮游植物	44,733	45,365	113,209	26,103	57,352
	浮游动物	1,077	47	329	235	422
	总计	45,810	45,412	116,538	26,338	57,774

(中国科学院兰州地质研究所等, 1979)

表 6 青海湖底沉积物中有机碳、氮比值和不同生物种类比较

生物种类	高等植物	底栖动物	浮游动物	浮 游 植 物				青海湖 沉积物
				硅藻	蓝绿藻	绿藻	平均	
C/N (平均)	14—23	2.8—3.4	6.3	5.5—7	6.5	14.3	8.1	$\frac{7-11}{8.5}$

它们是湖底沉积物中有机质来源的主要有机母质(表 6)。

因此,水生生物和陆生植物混杂,浮游生物,特别是浮游植物发育,多种湖相环境并存以淡水、微咸水为主,这决定了湖相生油母质的多种变化和主要是混合型和腐殖型的性质。

(二) 有机质聚集保存条件

湖泊汇集了大量的陆源碎屑,也汇集了流域面积内的陆源有机质,它们与湖中消亡的水生生物残体沉积湖底,形成丰富的分散有机质沉积。湖泊水动力条件对沉积的有机质数量和性质影响很大。

1. 有机碳分布与湖水动力和沉积物的关系

对青海湖的研究表明湖底沉积物的有机碳含量,是从湖滨浅水带向中部深水区增高。在高能带,有机碳、有机氮含量分别小于 1% 和 0.1%,低能带一般大于 2% 和 0.2%,低能带淤泥中有机碳、有机氮含量,比高能带的砂和粉砂中平均高出一倍以上。在河流入湖处,除个别粗的植物碎屑点有机碳含量可以较高外,一般是低值带加宽。布哈河主流水道通过之处,有机碳含量减低,把湖中有机碳含量分割为南北两个大于 2.8% 的高值区。它们恰好位于两个环流中心静水区,甚至湖盆东北部的有机碳高值点,也与局部环流对应得很好(图 5)。

湖中有机碳、有机氮与水深的分布显然和碎屑沉积物粒度与水深有关(图 6)。

青海湖中砂和粉砂一般分布在水深小于 15 米的地带,泥质粉砂和粉砂质淤泥,分布在 15—25 米的水深区,含粉砂淤泥和粘土淤泥分布区的深度大于 25 米。但是,在河口及主流水道上,粗粒级沉积物分布的水深增大,在湖湾回流区,细粒级沉积物出现的水深变

2. 沥青分布与湖水动力和沉积物 Eh 值的关系

青海湖湖底沉积物中氯仿沥青 A 含量和沥青化程度,在湖的南部环流中心区,分别

表 7 青海湖南、北水区环境及沉积物性质比较

性质 水区	静水层厚度(米)	溶氧量 (毫克/升)	H ₂ S(毫克/升)	沉积物 Eh (毫伏)	氯仿沥青 A %	沥青 A/C
南部水区	可达 15 米	一般 1—3 最低 0.42	4.14	平均 -151	0.10—0.166	0.15—0.20
北部水区	小于 5 米	3—6	0.69	平均 -23	0.053—0.068	0.08—0.10

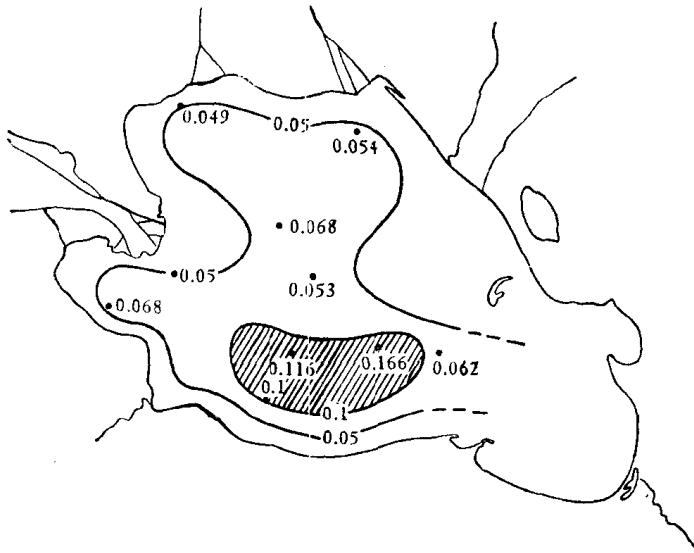


图 7 青海湖底沉积物氯仿沥青 A 含量分布略图
(中国科学院兰州地质研究所等, 1979)

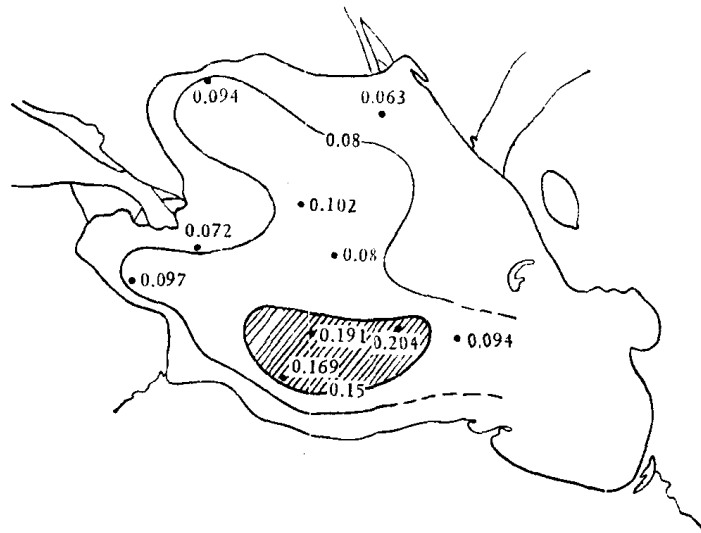


图 8 青海湖底沉积物沥青 A 总量分布略图
(中国科学院兰州地质研究所等, 1979)

为 0.10—0.166% 和 0.15—0.20%，在湖的北部环流中心区，分别为 0.053—0.068% 和 0.08—0.10%。可见，在静水层厚、湖水稳定、溶氧量低、沉积物 Eh 值偏小的南部环流中心区，比水动力活跃、静水层薄、溶氧量高、沉积物 Eh 值偏大的北部约高出一倍(表 7 及图 7、8)。

显然，沉积有机质性质取决于水团稳定状况和氧化还原特征，因此，氯仿沥青 A 和沥青化程度在湖中的分布，与湖底沉积物的 Eh 值分布有一致的关系。

沉积物的 Eh 值随湖水深度增加而降低。最低值为 -263 毫伏，位于湖的南部凹陷中心(图 9)。

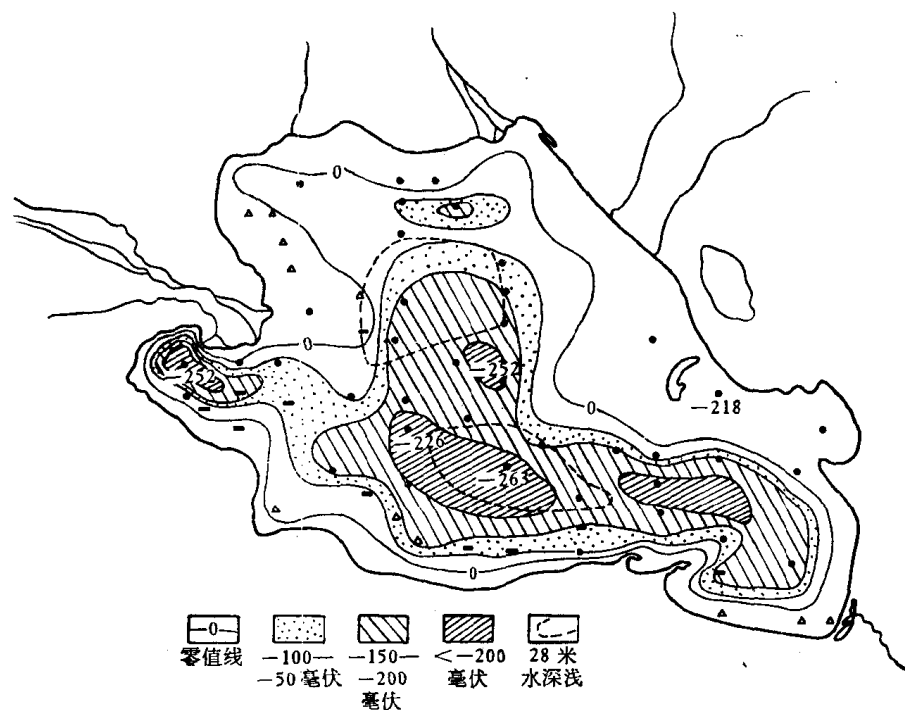


图 9 青海湖沉积物 Eh 值分布图
(中国科学院兰州地质研究所等, 1979)

8 米水深以内的砂和 15 米水深以内的粉砂，Eh 为正值。水深 15 米左右的沉积物，Eh 值接近零。沉积物 $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 1$ 的界限，代表着靠近零值的几十毫伏正电位，它基本上分开了高能带的氧化环境和低能带的弱还原、还原环境。水深 15—25 米的泥质粉砂和粉砂质淤泥，Eh 小于零，可达 -100—-150 毫伏。水深大于 25 米的粉砂粘土淤泥或粘土淤泥，Eh 为 -150—-263 毫伏(图 10)。

从青海湖底沉积物有机碳、有机氮含量与 Eh 值的关系来看，在有机碳、有机氮含量分别小于 1.5% 和 0.15% 时，随着有机碳、有机氮含量增高，沉积物的 Eh 值下降，但当有机碳、有机氮含量分别大于 1.5% 和 0.15% 以后，即使沉积物的有机碳、有机氮含量再继续增高，Eh 值也不再下降，它大体在 -100—-200 毫伏的范围内保持基本稳定。显然，在 Eh 值高于 -100—-200 毫伏的环境中，有机质被氧化，当 Eh 值达到 -100—-200 毫伏时，有机质便不再大量消耗，也就是说，沉积环境对有机质已具有一定的保存作用。此时，在同一个 Eh 值范围内，有机碳、有机氮的含量可以有很大的变化(图 11)。

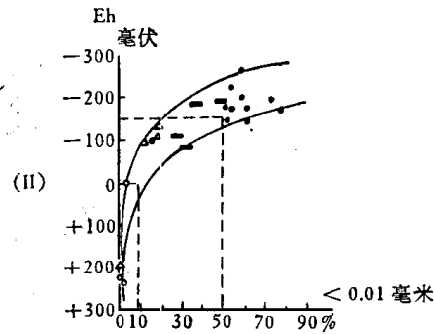
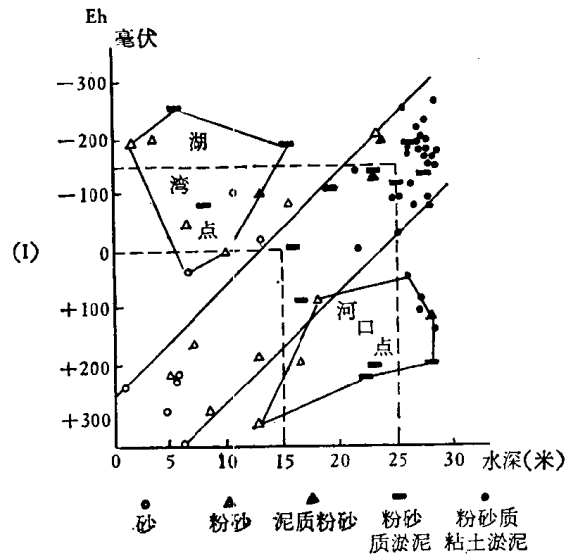


图10 湖底沉积物 Eh 值与水深和含泥量关系图
(未列入湖湾、河口等特殊点) (中国科学院兰州地质研究所等, 1979)

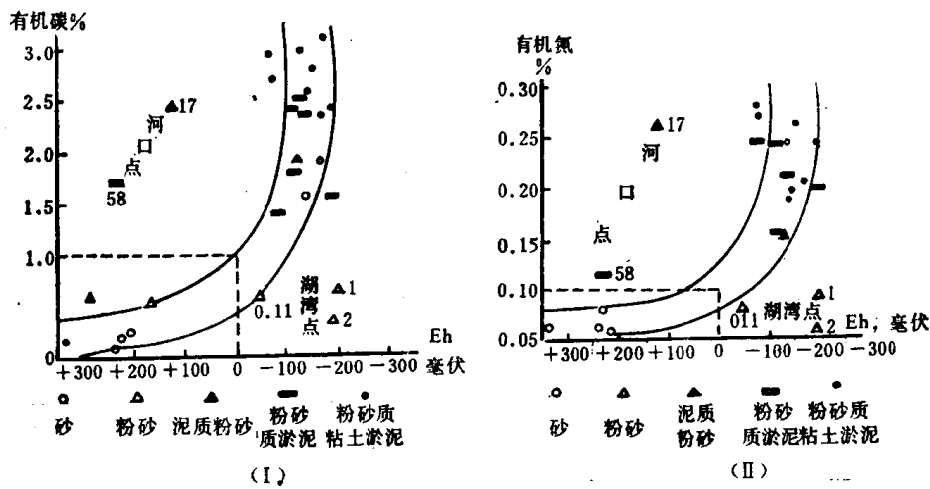


图11 湖底沉积物有机碳、有机氮含量与 Eh 的关系图
(中国科学院兰州地质研究所等, 1979)

这样看来, Eh 的零值、-100 或 -150 毫伏值, 与其对应的水深, 是两个体现水动力特征的界限。水深小于 15 米的滨湖浅水浪扰区, 沉积物 Eh 是正值, 为氧化相。水深 15—25 米的中深水湖流-浪力作用区, 湖底沉积物的 Eh 值从零到 -100 毫伏 (或 -150 毫伏), 属弱氧化-弱还原相。而在水深大于 25 米的深水环流区, 沉积物 Eh 值低于 -100 毫伏, 属还原相。同样, 在河口射流区及主湖流水道上, 沉积物所处的水深虽大, 但 Eh 值偏高, 而湖湾回流区沉积物所处的水深虽浅, 但 Eh 值偏低。

可见, 沉积相带, 尤其是沉积地球化学相, 不完全决定于湖水的深浅, 而主要决定于湖水动力条件, 是沉积水动力差异的反映。因此, 湖中沉积有机质的数量和沉积有机质的性质将严格受湖水动力的控制。

3. 有机质聚集保存的相带

从水动力的观点来看, 哪些是利于有机质聚集保存的相带呢?

河口射流区及滨湖浪扰带的沉积物为砂和粉砂, Fe^{2+}/Fe^{3+} 比值小于 1, Eh 为正值,

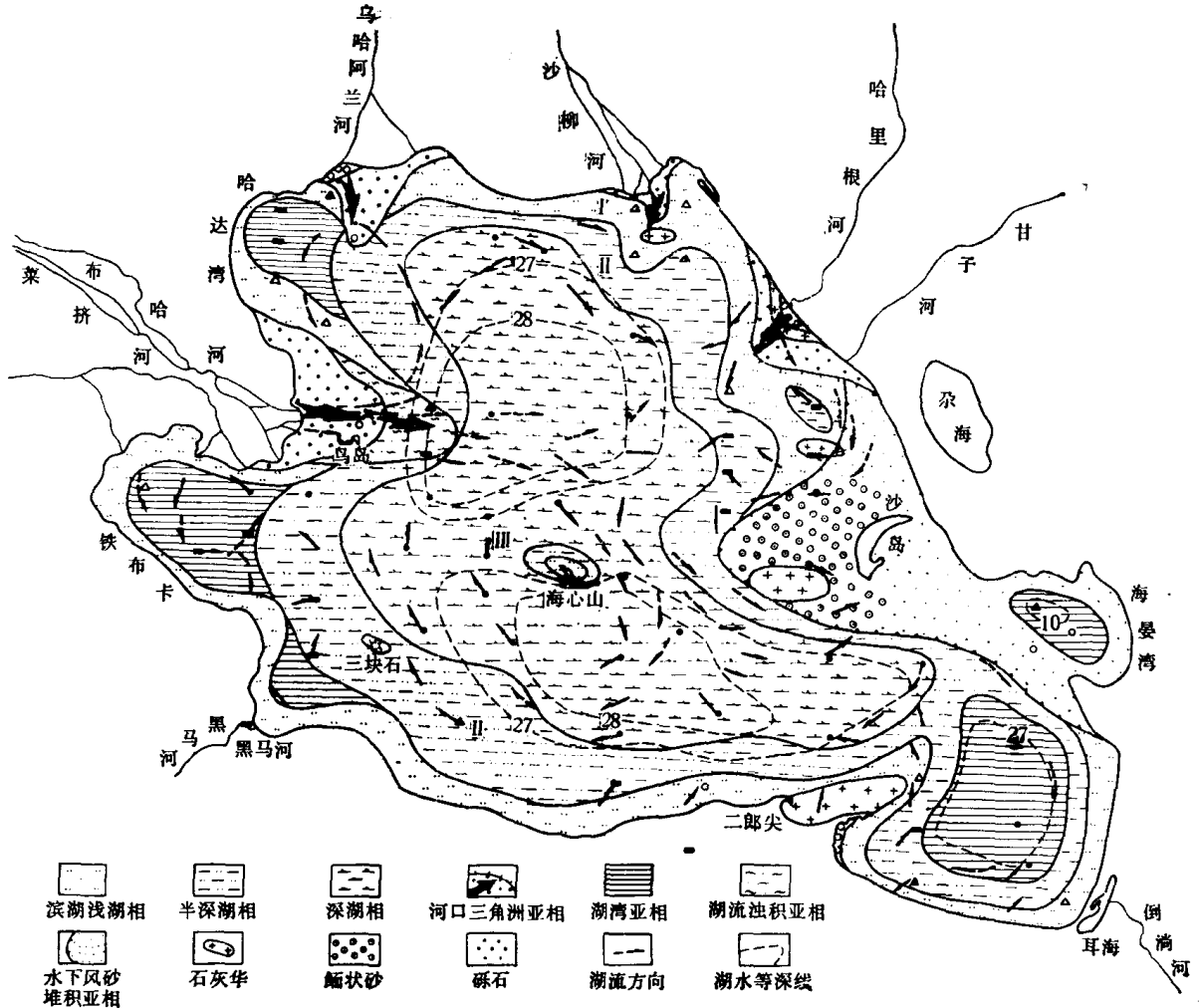


图 12 青海湖沉积相带分布图
(中国科学院兰州地质研究所等, 1979)
I. 高能带 II. 中间带 III. 低能带