

第三纪惠民盆地的沉积特征

黄家宽 田兴有 陈昌明
陈景山 陈瑞君 李 珪

(中国科学院地质研究所)

王素民 时华星 李桂华 曹海燕

(胜利油田地质科学研究所)

第三纪惠民盆地发育于山东省西北部惠民—临邑一带,面积约七千平方公里。这个大致呈北东东向延伸的长形盆地,是一个南、北两侧均受正断层控制的裂谷盆地。在这个盆地内,堆积了厚达7000米的第三系地层,不整合地盖在中生代及以前的地层上。它主要由陆源碎屑沉积物和少量的碳酸盐沉积物所组成,从新到老包括上第三系明化镇组和馆陶组,下第三系东营组、沙河街组(进一步分为沙一、沙二、沙三和沙四段)和孔店组(再分为孔一、孔二和孔三段)。

我们根据对12口井的不同层段岩芯的观察和取样分析,并在已有资料的基础上,初步总结了该盆地在第三纪时期的沉积特征和发展演化。不妥之处,请批评指正。我们衷心感谢为我们作了光谱定量、化学、差热、X衍射、红外光谱、透射与扫描电镜分析测试、标本与薄片摄影的两个单位的有关同志,分析了氧碳同位素的国家地震局地质研究所同位素研究组,以及审阅本文的叶连俊教授。

一、粒度特征及其环境解释

1. 概率曲线及其环境解释

为了避免单条概率曲线的多解性,提高粒度分布在环境解释中的可靠性,需要研究不同环境中粒度垂向变化的组合关系及其相对应的概率曲线的组合关系。这种关系,可以反映出各个成因单元沉积时水动力的变化,从而更加可靠地进行环境解释。根据沉积序列中的概率曲线组合和沉积构造,我们划分出河流、决口扇、河口沙坝与侧翼、远端沙坝、沿岸沙滩与沙坝、浊流及深水扇等八种环境或亚环境。图1基本上表示了这些环境的单个沉积旋回中概率曲线的组合。

2. CM图

为了从粒度方面探讨商河以西沙三段上部砂岩的沉积环境,我们根据两口井共20个砂岩

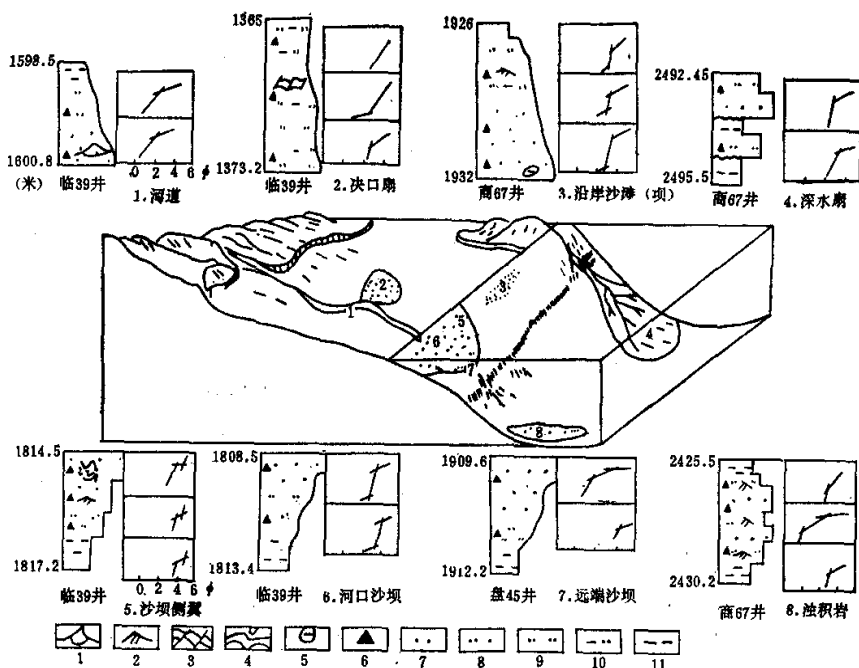


图1 不同环境或亚环境中概率曲线组合的示意图

Fig. 1 Schematic diagram showing sequences, sedimentary structures, and probability plots of the sediments from several depositional environments in the Tertiary Huimin basin

1—槽状交错层理； 2—波痕层理； 3—爬升波痕层理； 4—变形层理； 5—泥砾； 6—取样点； 7—砂岩； 8—粉细砂岩； 9—粉砂岩； 10—泥质粉砂岩； 11—泥岩

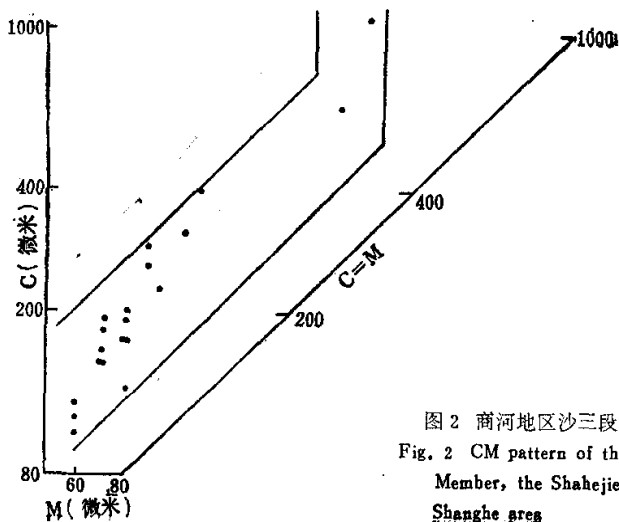


图2 商河地区沙三段上部砂岩的CM图

Fig. 2 CM pattern of the sandstones, upper III Member, the Shahejie Formation, the Shanghe area

样品粒度分析的C、M值作成图2。图中C值最大为1070微米，最小100微米，主要为150—300微米。M值最大为310微米，最小60微米，主要为70—100微米。它们构成了平行于C=M的图形，除个别样品具有滚动组分外，其余均呈递变悬浮搬运。此外，根据这些沙岩还具有包马序列和油积岩中常见的底面铸型，常含有泥砾和某些浅水标志，并夹于深水泥岩之间，推测它们属于滑塌油积岩。

3. 粒度参数在环境解释中的应用

C值、平均粒径(M_z)、标准偏差(σ_1)和悬浮组分含量能够较好地反映不同沉积环境中的水动力状况。我们将采自不同层段但环境相同的样品分别进行统计，利用Folk(1966)公式计算出的C、 M_z 和 σ_1 数值以及悬浮组分含量的平均值列在表1中。

表 1 不同沉积环境中砾岩的C、 M_z 、 σ_1 值及悬浮组分含量

Table 1 Average value of C, M_z , and suspension population of the sandstones from several depositional environments in the Tertiary Huimin basin

沉积环境	样品数	C (mm)	M_z (mm)	σ_1	悬浮组分含量 (%)
河流	24	0.45	0.11	0.87	32
天然堤	6	0.13	0.06	0.41	90
三角洲前缘	13	0.29	0.09	0.73	33
沿岸沙滩和沙坝	7	0.21	0.09	0.65	28
波浪带	5	0.43	0.13	0.80	12
油流	20	0.26	0.08	0.78	36
深水扇	5	0.18	0.08	0.66	28

为了比较直观地了解粒度分布在垂向上的变化及其反映的环境变迁，我们将不同组段的砂岩样品的某些粒度参数的平均值作成图3。图中清楚地显示出中值、C值和标准偏差从孔店组到馆陶组的变化曲线大致呈U形，即在孔店组与沙四段、沙二段及馆陶组沉积时期，三种参数值均明显偏高，表明水动力和沉积作用较强，水较浅。相反，在参数值较低的层位，正是海侵或水较深的时候。这些曲线的形态也从一个侧面反映出惠民盆地在早第三纪时期大致经历了两次从沉降扩大到上升收缩的演化过程。

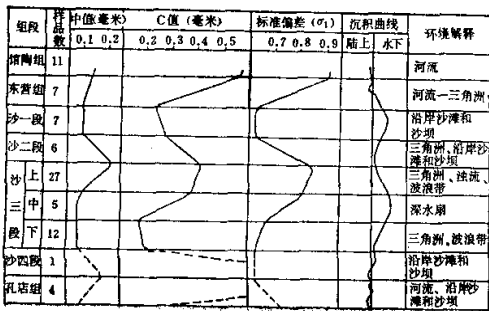


图 3 惠民盆地第三系各组段砂岩的平均粒度中值、C值和标准偏差的纵向分布 (虚线表示样品少, 代表性差)

Fig. 3 Schematic diagram showing the change in average value of C, M_z , and σ_1 of the Tertiary sandstones and the environmental interpretation

二、沉积环境的地球化学标志探讨

1. 微量元素含量及其比值

在区分沉积介质的盐度或者海、陆和过渡相沉积方面，某些微量元素的含量及其比值，如B、Ga、B/Ga、Sr、Ba、Sr/Ba、Rb/K等具有重要意义。我们选择了不同层段和不同环境的泥质岩样品进行微量元素分析。除B是用选择性离子电极法外，其余元素均用原子吸收光谱仪测量。

从表2可以看出，各组段泥质岩样品中微量元素含量及其比值的变化范围较大，规律性似乎不甚明显。但是，某些参数所反映的环境特征，与根据其它标志所作出的分析结果还是一致的。例如B含量，沙四段高达108.85ppm，反映咸水环境；沙三一沙一段23个样品的平均值为76.34ppm，表明水介质具有过渡相特征；东营组和馆陶组小于60ppm，具有典型的陆相淡水特征。

表2和图4表示同一盆地的不同环境中微量和常量元素及其比值的变化趋势。从冲积平原到盆地深水沉积，B、V、Mn、Sr、Ba、V/Ni、Ca/Mn、Sr/Rb、Sr/Ba值不断增大的趋势，而Fe、Fe/Mn值则不断减小。

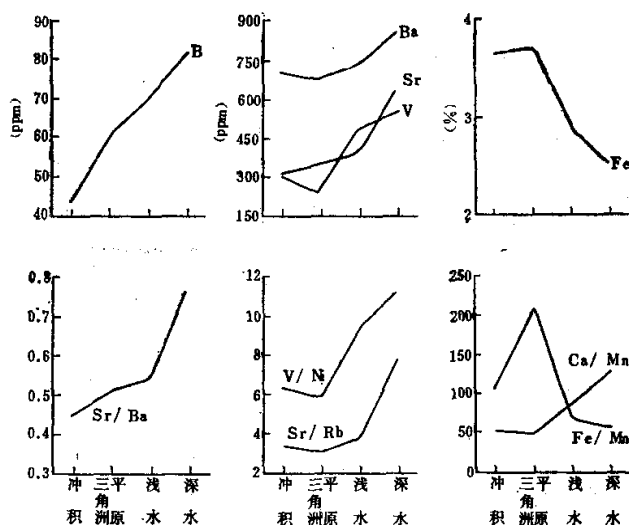


图4 不同环境的沉积物中某些微量元素含量及其比值的变化

Fig. 4 Diagram showing the relationship between content and its ratio of some trace elements of the mudstones and the depositional environments

2. 灰岩氧碳同位素的研究

我们从惠民盆地及其相邻的东营盆地的东营组到沙四段的某些层段中，选取了有代表性的灰岩样品10个，钙质砂岩的方解石胶结物样品1个，为了进行对比，另外选择了4个已知环境的灰岩样品，作氧碳同位素分析。

表 2 惠民盆地第三系不同组段和不同环境中泥质岩的某些微量元素和常量元素的百分含量及其比值

Table 2 Content and its ratio of some trace elements of the mudstones from various levels and several environments

组段	样品数	B $\times 10^{-4}$	V $\times 10^{-1}$	Mn $\times 10^{-2}$	Fe $\times 10^{-2}$	Ni $\times 10^{-2}$	Rb $\times 10^{-2}$	K $\times 10^{-1}$	Sr $\times 10^{-1}$	Ba $\times 10^{-1}$	Ca	B/V	V/Ni	Fe/Mn	Sr/Rb	Sr/Ba	Ca/Mn
馆陶组	6	30.96	0.31	0.31	3.41	0.48	0.80	1.24	0.32	0.69	1.71	0.100	6.5	110	4	0.46	55
东营组	5	36.69	0.55	0.53	2.68	0.54	0.82	1.94	0.29	0.64	6.60	0.068	10.2	51	3.5	0.45	125
沙一段	8	75.85	0.62	0.35	2.71	0.60	0.85	1.92	0.65	0.86	5.21	0.122	10.3	77	7.6	0.76	149
沙二段	4	83.39	0.48	0.52	3.04	0.49	1.08	1.99	0.40	0.75	4.08	0.174	9.8	58	3.7	0.53	78
沙三段上	6	74.45	0.46	0.41	3.01	0.52	0.88	1.66	0.66	0.75	4.01	0.162	8.8	73	7.5	0.88	98
沙三段中	2	68.80	0.50	0.56	2.70	0.51	1.08	1.88	0.25	0.46	3.55	0.131	9.8	48	2.3	0.54	63
沙三段下	3	82.20	0.20	0.21	2.86	0.43	1.43	2.55	0.35	0.92	0.89	0.411	4.7	136	2.4	0.38	42
沙四段	2	108.85	0.25	0.16	3.61	0.47	1.50	3.38	0.24	0.81	0.36	0.435	5.3	226	1.6	0.3	23
孔店组	3	78.14	0.30	0.39	3.62	0.48	1.26	2.58	0.25	0.84	2.07	0.260	6.3	93	2.0	0.3	53
冲积平原	10	43.76	0.31	0.34	3.62	0.49	0.95	1.71	0.32	0.71	1.80	0.141	6.3	106	3.4	0.45	53
三角洲平原	2	60.45	0.25	0.18	3.71	0.43	1.15	1.99	0.35	0.69	0.89	0.242	5.8	206	3.0	0.51	49
浅水	19	70.15	0.49	0.44	2.91	0.52	1.04	2.16	0.40	0.74	3.87	0.143	9.4	66	3.8	0.54	88
深水	11	82.54	0.56	0.44	2.52	0.50	0.86	1.73	0.67	0.87	5.57	0.143	11.2	57	7.8	0.77	127

对氧同位素分析结果按下式计算:

$$\delta O^{18} (PDB) = [\delta O^{18} (SMOW) - 29.5] / 1.0295$$

将换算出的 $\delta O^{18} (PDB)$ 和测得的 $\delta C^{13} (PDB)$ 代入Keith和Weber(1964)所提出的区分侏罗纪以来海相和淡水相灰岩的计算公式:

$$Z = 2.048 \times (\delta C^{13} + 50) + 0.498 \times (\delta O^{18} + 50)$$

Z值大于120为海相, 小于120为淡水相。

从表3可以看出, 山西霍县的两个淡水灰岩的Z值小于120; 河北曲阳的两个奥陶系灰岩的Z值大于120。从这四个环境已知的样品的分析结果来看, 我们的测试结果和分析方法是可信的。

取自东营盆地和惠民盆地的11个样品, 除1、7号样品的Z值小于120, 属于淡水碳酸盐外, 其余样品的Z值均大于120, 属于海相灰岩范畴。从 δC^{13} 值来看, 同样地, 除1、7样品小于0, 属于淡水灰岩外, 其余样品均大于0, 具有明显的海相特征。从氧碳同位素组成与环境关系的图解(图5)上也可以看出, 本区沙一段和沙四段样品的投影点大部分落在平均海相灰岩和常见海相灰岩范围内, 沙二段样品的投影点落在土壤方解石范围内, 东营组样品则落在非海相灰岩范围内(已出图)。此外, 在东营盆地的沙四段地层中已发现了产于海相环境的有孔虫(石油勘探开发规划研究院等, 1978)以及龙介虫、德弗兰藻和中国枝管藻等(钱凯等, 1980)。在沙一段地层中, 也产出中国枝管藻, 这一事实和上述的同位素资料, 说明本区在沙一和沙四时期确实受到海侵影响。

表3 氧碳同位素分析和计算结果

Table 3 content and calculation of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ of related limestones

序号	样品原编号	岩性	产地和层位	δO^{18} (SWOW) (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (PDB) (‰)	换算出的 δO^{18} (PDB)	Z
1	J220	泥灰岩	东营盆地东营组	11.32	-18.93	-17.659	79.74
2	H359	藻灰岩	惠民盆地沙一段	20.239	3.334	-8.996	129.65
3	H268	藻灰岩	惠民盆地沙一段	28.562	10.437	-0.911	148.22
4	J264	生物灰岩	东营盆地沙一段	22.28	5.42	-7.013	134.91
5	J263	藻灰岩	东营盆地沙一段	24.17	7.27	-5.177	139.61
6	J252	生物灰岩	东营盆地沙一段	20.69	3.29	-8.558	129.78
7	J20	钙质砂岩	东营盆地沙二段	21.01	-12.23	-8.247	98.15
8	J106	灰岩	东营盆地沙四段	22.08	8.80	-7.207	141.73
9	J117	鲕粒灰岩	东营盆地沙四段	29.02	3.95	-0.446	135.16
10	J119	鲕粒灰岩	东营盆地沙四段	20.46	1.48	-8.781	125.92
11	J124	鲕粒灰岩	东营盆地沙四段	26.80	0.60	-2.623	127.22
12*	Q68	砂屑灰岩	曲阳奥陶系	20.33	-1.056	-8.907	120.70
13	Q70	含砂屑微晶灰岩	曲阳奥陶系	21.958	-1.639	-7.326	120.30
14	D1	泥灰岩	霍县上第三系	21.504	-4.748	-7.767	113.70
15	H2	蚌壳灰岩	霍县第四系	22.137	-5.815	-7.152	111.82

* 12和13号样品由王尧同志提供，14和15号样品由陈万男提供。

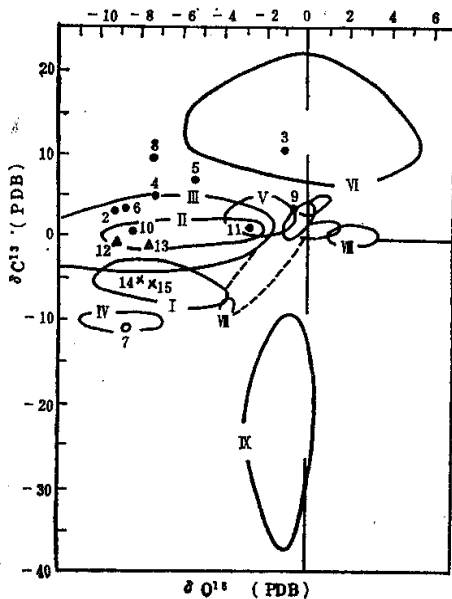


图5 灰岩和方解石胶结物中氧碳同位素组成的分布及其与环境的关系

Fig. 5 Relationship between isotopic composition and environmental condition of limestones and calcitic cements.
 I—平均淡水灰岩；II—平均海相灰岩；
 III—常见海相灰岩；IV—土壤方解石；
 V—白垩；VI—重碳酸盐胶结物；
 VII—一次生方解石；VIII—深水灰岩；
 IX—早期成岩结核。图中的投影点编号与表3中的样品序号相同。原图据Hudson, 1977, 经简化)

三、砂岩的岩石学和岩石化学特征

1. 砂岩的类型

本区第三系砂岩主要属于岩屑砂屑岩(照片1)和基质含量大于15%的杂砂岩类。根据碎屑颗粒中石英(包括硅质岩屑)、长石和岩屑的相对含量,杂砂岩可进一步分为四种:岩屑石英杂砂岩、岩屑杂砂岩(照片2)、岩屑长石杂砂岩(照片3)和长石岩屑杂砂岩。

2. 砂岩化学成分特征

表4列出了惠民盆地中33个第三系砂岩样品的化学全分析结果。将其中的有关数据分别投到 Pettijohn等(1972)和Blatt等(1972)的砂岩化学分类图上(图6和7)。从这两张图上可以看出:

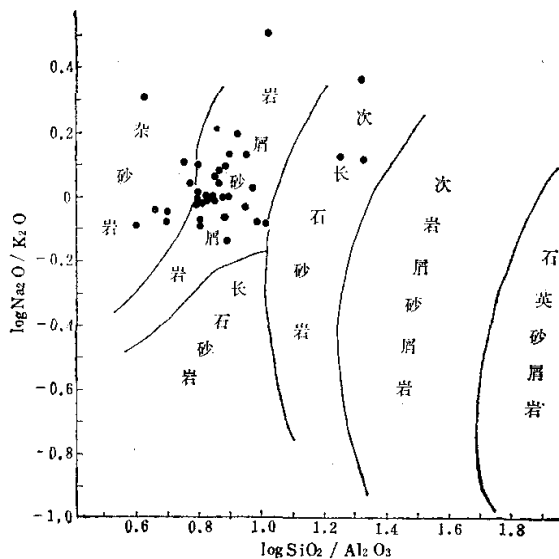


图6 惠民盆地第三系砂岩化学成分分布图

(原图据Pettijohn等, 1972)

Fig 6 Triangle diagram showing the chemical composition of the Tertiary sandstones in the Huimin basin

- (1) 这些砂岩属于低 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 、不成熟的粘土加铝硅酸盐的砂岩类型;
- (2) 大部分砂岩的全铁 + $\text{MgO} > \text{Na}_2\text{O} \geq \text{K}_2\text{O}$, 属于钠长砂岩和铁镁钾质砂岩, 部分为钾质砂岩;
- (3) 按砂岩的化学分类, 本区砂岩主要为岩屑砂屑岩和杂砂岩, 少量为次长石砂岩;
- (4) 砂岩的化学成分投影点在图8上比较居中而稍偏向铁镁端, 分离趋势不大, 反映了混合来源的特点。

3. 砂岩中的自生海绿石

表4 惠民盆地第三系砂岩的化学组成(重量%)

Table 4 Chemical composition of the Tertiary sandstones in the Huimin basin

样品号	层位	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	全铁	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	烧失量	合 计
H34	Ng	58.03	0.39	13.97	3.83	2.21	5.83	0.02	7.82	1.50	0.95	1.90	0.09	9.98	100.22
H36	Ng	80.38	0.13	9.09	0.66	0.57	1.29	0.01	0.68	0.30	1.73	1.60	痕迹	4.44	99.59
H43	Ng	68.47	0.45	13.86	2.74	1.23	4.11	0.10	0.90	1.45	3.10	2.55	0.09	4.57	99.54
H50	Ng	63.91	0.76	16.41	2.99	0.83	3.91	0.03	0.80	1.75	2.45	1.95	0.09	7.65	99.62
H63	Ng	69.25	0.56	15.31	2.94	0.56	3.56	0.02	0.69	1.00	2.50	2.25	0.07	5.16	100.31
H20	Fd	61.35	0.39	12.53	1.89	0.93	2.92	0.08	6.95	2.00	2.50	2.20	0.15	8.65	99.62
H4	Fd	65.72	0.39	11.31	1.89	0.91	2.90	0.05	5.39	2.37	2.50	2.75	0.14	6.75	100.17
H94	Es ₁	76.74	0.14	10.20	0.84	0.58	1.48	0.08	2.08	0.75	1.65	2.05	0.06	4.98	100.10
H115	Es ₁	80.41	0.11	3.88	0.60	0.53	1.19	0.06	6.43	0.50	0.40	0.93	0.06	5.86	99.77
H225	Es ₁	76.67	0.45	10.32	1.47	2.00	3.69	0.04	0.54	0.68	2.40	2.05	0.06	3.39	100.07
H229	Es ₁	76.47	0.41	7.76	1.03	1.93	3.17	0.03	0.46	0.62	1.70	1.40	0.09	8.31	100.21
H283	Es ₁	74.75	0.28	10.20	1.12	0.53	1.71	0.03	3.40	0.87	2.05	2.00	痕迹	4.31	99.54
H286	Es ₂	63.56	0.28	8.21	1.49	0.94	2.53	0.07	9.50	0.87	1.65	2.25	痕迹	8.66	97.48
H293	Es ₃ 上	70.25	0.56	13.42	1.60	1.45	3.22	0.04	1.39	1.16	2.30	2.35	0.09	5.72	100.34
H300	Es ₃ 上	72.56	0.39	11.88	1.37	0.64	2.08	0.03	2.43	0.75	2.20	2.05	0.12	5.65	100.04
H309	Es ₃ 上	71.48	0.26	7.54	1.20	1.71	3.10	0.07	5.54	1.15	1.70	1.40	0.09	8.06	100.20
H322	Es ₃ 上	71.23	0.39	11.53	1.87	2.54	4.69	0.04	2.09	0.88	2.13	2.67	0.07	4.18	99.62
H123	Es ₃ 上	62.56	0.32	9.98	1.44	1.38	2.97	0.12	9.04	0.88	2.45	2.00	0.12	9.61	99.91
H133	Es ₃ 上	78.44	0.39	10.20	0.96	0.67	1.70	0.02	0.17	0.63	2.00	1.45	0.08	5.10	100.11
H342	Es ₃ 中	71.79	0.25	9.31	1.02	2.14	3.40	0.08	4.35	0.75	1.95	1.90	0.12	6.59	100.25
H348	Es ₃ 中	71.96	0.26	11.31	1.05	0.60	1.72	0.05	3.83	0.75	2.15	2.05	0.09	5.88	99.98
H209	Es ₃ 下	65.99	0.28	9.87	2.15	2.12	4.5	0.11	5.56	1.50	2.22	2.15	0.07	7.64	99.66
H213	Es ₃ 下	69.79	0.39	10.20	0.94	0.93	1.97	0.08	5.39	1.00	2.40	2.30	0.09	7.05	100.56
H195	Es ₃ 下	70.47	0.32	11.31	0.96	0.62	1.65	0.05	4.35	0.75	2.42	2.05	0.09	6.33	99.75
H169	Es ₃ 下	84.18	0.13	4.77	1.50	1.05	2.67	0.03	2.43	0.62	0.79	1.65	0.06	3.18	99.79
H201	Es ₃ 下	73.22	0.36	11.31	0.84	0.76	1.68	0.04	2.61	1.00	2.60	2.55	0.08	4.73	100.10
H249	Es ₄	72.27	0.14	6.98	0.74	1.40	2.29	0.13	7.30	0.60	0.70	2.25	痕量	7.22	99.73
H159	Ek ₁	65.70	0.39	9.21	1.61	0.77	2.46	0.15	8.35	0.88	1.85	2.00	0.13	8.49	99.53
H147	Ek ₁	69.98	0.32	10.09	0.82	0.73	1.65	0.10	6.43	0.88	1.95	2.25	0.08	6.39	100.02
H161	Ek ₁	64.83	0.39	9.42	0.91	0.71	1.70	0.12	9.04	1.00	2.25	2.20	0.19	8.98	100.04
H373	Ek	78.14	0.29	9.60	1.77	0.39	2.20	0.08	0.09	3.03	1.23	1.93	0.08	2.64	99.07
H374	Ek	76.85	0.29	8.40	2.63	1.65	3.35	0.06	2.71	1.12	1.65	1.75	0.09	3.56	99.72
H144	Ek ₂	76.95	0.21	10.75	1.52	1.22	2.87	0.03	1.22	1.00	2.25	2.67	0.11	2.44	100.37

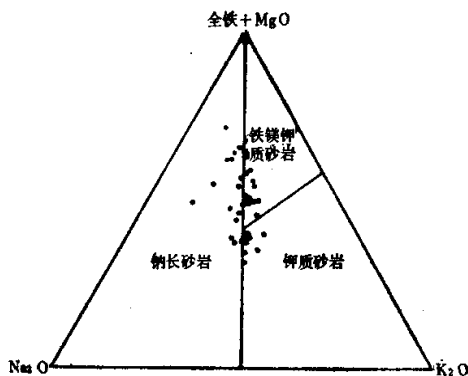


图7 惠民盆地第三系砂岩化学成分及其与构造背景的关系

(原图据Blatt等, 1972)

Fig. 7 Triangle diagram showing the relationship between the chemical composition of Tertiary sandstones and tectonic background.

在孔店组和沙河街组的砂岩和粉砂岩中, 可见到以翠绿色为主、淡绿色次之的海绿石, 粒径为0.02—0.1毫米不等。按其成因和形态可分为自生团粒状海绿石(照片4)、交代成因的海绿石和胶结物海绿石。

自生海绿石的存在, 从另一个侧面说明惠盆地在某些时期曾受到海侵的影响, 而这种影响可能从孔店晚期开始, 到沙一时期逐渐结束。

四、粘土矿物及其分布特征

从馆陶组至孔二段的泥岩及砂岩胶结物与基质中选取了八十多个粘土矿物样品进行分析, 结果表明, 本区第三系的粘土矿物主要有: 高岭石、水云母、蒙脱石、绿泥石及混合层矿物。

1. 粘土矿物的特征与成因

泥岩中的高岭石以粒状和似假六边形为主, 晶形完好的假六边形高岭石为数极少。有些粒状高岭石的边缘有不同程度的溶蚀和变薄现象(照片7), 属于陆源继承性高岭石。砂岩胶结物中的高岭石, 各种形状都有(照片5和11), 大部分为成岩阶段形成的自生高岭石, 少部分粒状为陆源继承性高岭石。从X衍射、红外吸收和差热图谱特征(图8、9和10)看, 本区的高岭石皆为结晶无序的耐火粘土型高岭石。

水云母呈不同大小的等轴片状(照片9), 在X衍射图谱上显出4.43和3.31 Å的强反射(图8), 属于2M型水云母, 表明它们为碎屑成因, 是陆源继承性矿物。

蒙脱石在电镜下呈轮廓不清的云雾状或蜂窝状(照片12)。从X衍射、红外吸收和差热图谱特征(图8、9和10)看, 本区的蒙脱石有钙基和钠基两个变种, 并以钙基蒙脱石为主。它们既有陆源继承性的, 也有自生的。

绿泥石在透射电镜下呈轮廓清晰的等轴片状, 边缘有小棱角(照片6); 在X衍射图谱上有特征的反射峰(图8)。

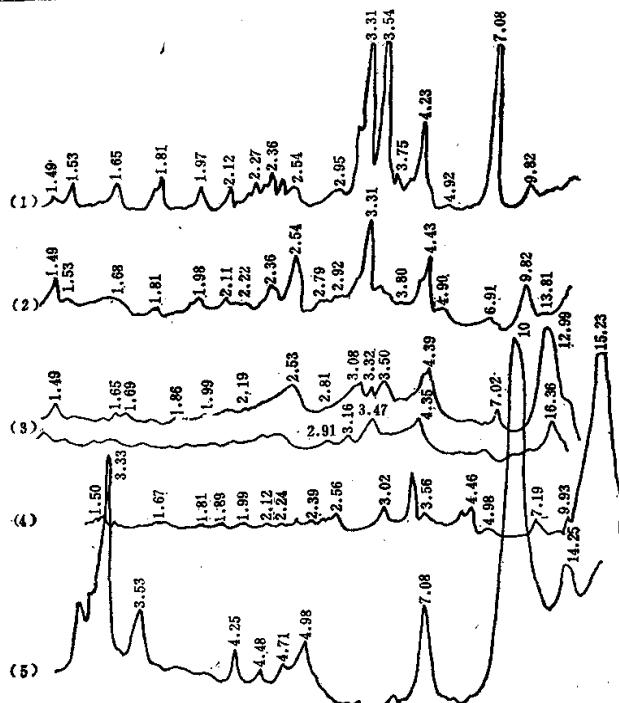


图 8 粘土矿物的X射线衍射曲线

Fig. 8 X-ray diffraction pattern of the clay minerals from the Tertiary strata

1-高岭石; 2-水云母; 3-钠蒙脱石; 4-钙蒙脱石; 5-绿泥石

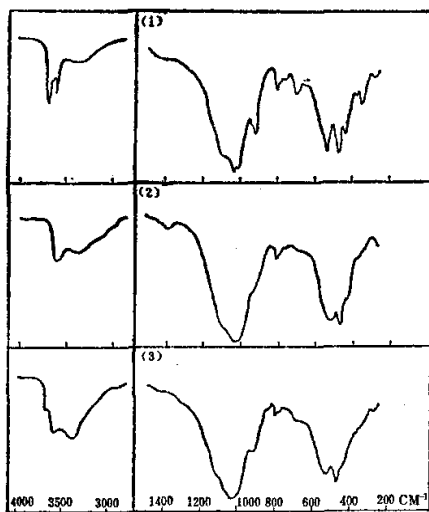


图 9 粘土矿物的红外吸收谱线

1-高岭石; 2-水云母; 3-蒙脱石

Fig.9 Infrared spectrum of the clay minerals from the Tertiary strata

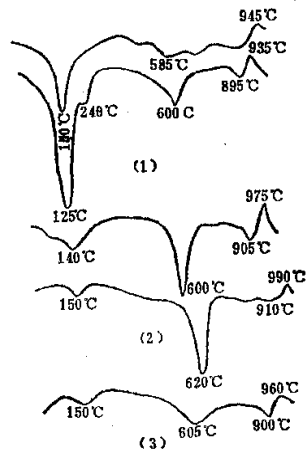


图 10 粘土矿物的差热曲线

Fig.10 Differential thermal spectrum of the clay minerals from the Tertiary strata

1-蒙脱石; 2-高岭石; 3-水云母

水云母-蒙脱石混合层矿物是由于水云母发生蒙脱石化的结果,因此在透射电镜下呈轮廓模糊的等轴片状(照片8),在扫描电镜下为边缘翘起或卷曲的鳞片状(照片14)。它的样品用甘油或乙二醇饱和或者加热后,其X衍射的基面反射峰均发生移动。

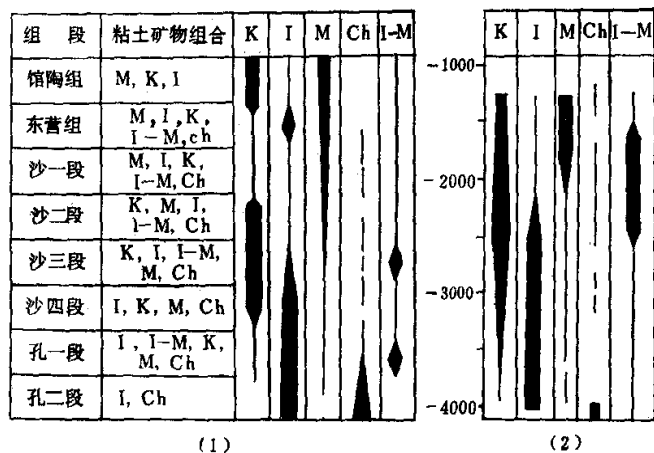


图 11 粘土矿物在不同地层中(1)和不同深度(2)的分布
Fig.11 Distributions of the clay minerals in (1) the Tertiary strata and (2) different depth
K—高岭石; M—蒙脱石; I—水云母; Ch—绿泥石; I-M—水云母-蒙脱石混合层矿物

高岭石-蒙脱石混合层矿物的形态在透射电镜下呈轮廓模糊的假六边形(照片10)在扫描电镜下可见到不同形态的高岭石边缘翘起(照片13)。上述两种混合层矿物属于被改造的矿物。

2. 粘土矿物的分布特征

各种粘土矿物的相对含量,主要是根据差热分析的吸、放热强度和面积、X衍射反射峰的强度和面积以及电镜下所见的几率作大概的估计,分出主要、次要和少量三级。粘土矿物组合类型就按此顺序排列。

粘土矿物在不同地层中的分布 高岭石主要富集在沙三和沙二段,向上和向下均逐渐变少。水云母分布十分广泛,但主要富集在沙三段以下的各个组段中。蒙脱石大量出现在东营组和馆陶组地层中,向下逐渐减少,到孔二段几乎消失。绿泥石在各个组段中含量均少,但在孔二段中有增多的趋势。混合层矿物主要分布于沙一段至孔一段地层中,在沙三段和孔一段中相对含量有所增加(图11)。

粘土矿物在不同深度的分布 高岭石主要集中在2500米处,向上和向下均逐渐变少。水云母从2000米向下渐增。蒙脱石主要分布在2000米以上。绿泥石在4000米以下显著增多。混合层矿物大量出现在1600—2700米之间(图11)。

五、结 论

1. 根据砂岩的粒度分析资料,包括概率曲线、CM图和度粒参数,并结合沉积序列和

沉积构造的分析,在惠民盆地第三系砂岩中识别出的沉积相主要有河流、三角洲、沿岸沙滩与沙坝、浊流和深水扇等;

2. 古生物、自生海绿石、微量元素及氧碳同位素的分析结果,表明自始新世晚期到渐新世,海水可能曾不止一次侵入惠民盆地,其中以沙四和沙一时期的海侵影响较为明显;

3. 砂岩的岩石和化学分析资料,表明它们的成熟度较低,多为杂砂岩和岩屑砂屑岩类,反映盆地的构造活动强烈,物源区剥蚀强烈以及快速沉积的特点;

4. 泥岩中的粘土矿物主要有高岭石、水云母、蒙脱石、绿泥石和混合层矿物,并以陆源继承性粘土矿物为主。不同层段和不同深度的泥岩中存在着不同的粘土矿物组合。

参 考 文 献

- 石油化学工业部石油勘探开发规划研究院,中国科学院南京地质古生物研究所,1978,渤海沿岸地区新生代有孔虫,科学出版社。钱凯等,1980,科学通报,24,1140—1142。
 Blatt, H., et al., 1972, Origin of sedimentary rocks. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, Fig. 9—2。
 Folk, R.L., 1966, A review of grain size parameters, *Sedimentology*, 6, (2)。
 Hudson, J.D., 1977, Stable isotopes and limestone lithification, *Journal of the Geological Society*, 133, (6) 637—660。
 Keith, M.L., Weber, J.N., 1964, Isotopic composition and environmental classification of related limestones and fossils, *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 28, 1787—1816。
 Pettijohn, F.J., et al., 1972, Sand and sandstone, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg New York, Fig. 2—11

SEDIMENTARY CHARACTERISTICS OF TERTIARY HUIMIN BASIN, SHANDONG PROVINCE

Huang Jiakuan Tian Xingyou Chen Chanming

Chen Jingshan Chen Ruijun Li Li

(Institute of Geology, Academia Sinica, Beijing)

Wang Sumin Shj Huaxng Li Guihua Cao Haiyan

(Academy of Geological Science, Shengli Oil Field, Shandong)

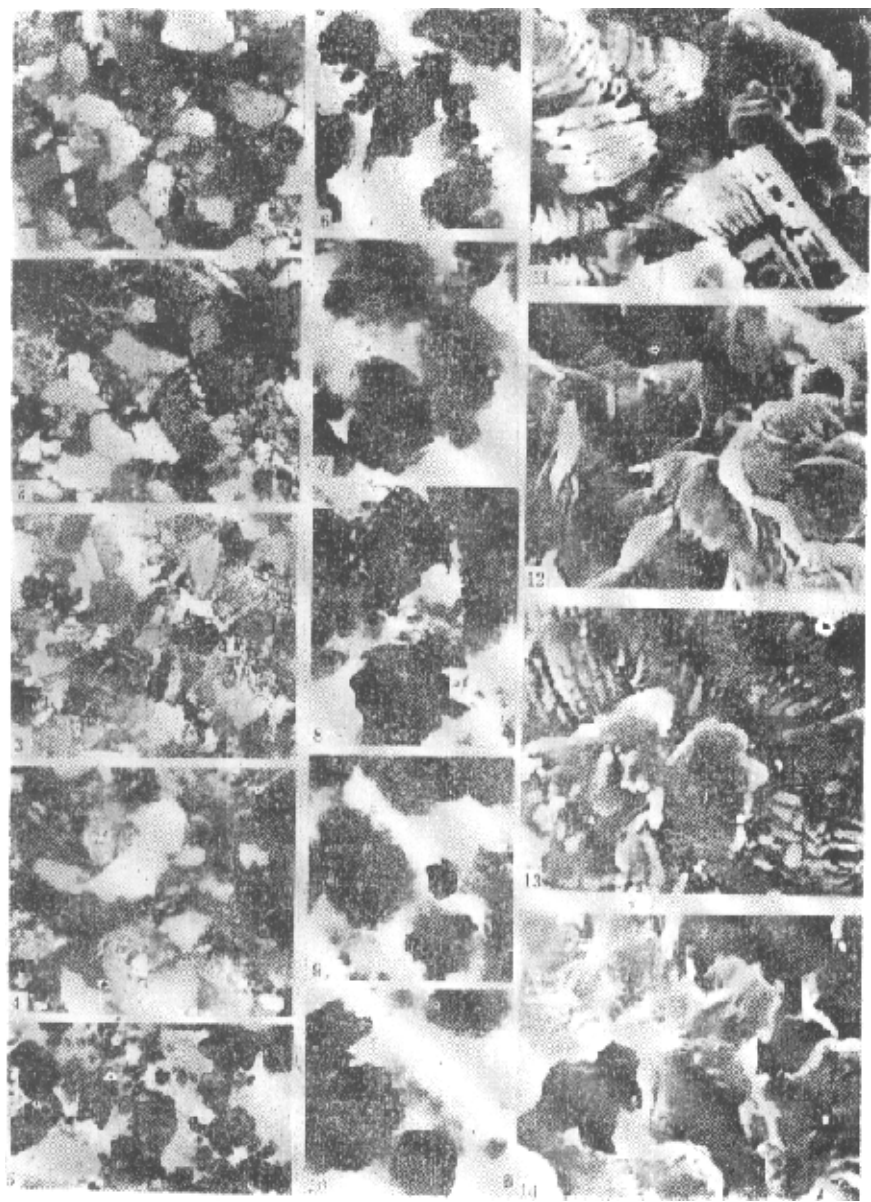
Abstract

The Huimin basin is located in the northwestern part of Shandong. It is an Early Tertiary rift basin. The sediments up to 7000 m in thickness were deposited in the basin. They consist mainly of terrigenous clastics and carbonate sediments. The depositional environments of these sandstones are interpreted from grain-size analysis of core samples, including log-probability plots, CM pattern, and grain-size parameters. They include fluvial, delta, longshore bar, deep-water fan, and turbidite environments. These sandstones are chemically characterized by lower content of SiO_2 (65 to 75 %), lower ratio of SiO_2 to Al_2O_3 , total $\text{Fe} + \text{MgO} > \text{Na}_2\text{O} \geq \text{K}_2\text{O}$, and lower maturity, and are classified as greywacke and

lithic arenite. Kaolinite, illite, montmorillonite, chlorite, and mix-layered minerals were identified in these sediments. These clay minerals are terrigenous, authigenous, and modified in origin. The distribution of these clay minerals are discussed. The average value of boron content is 43.76, 60.45, 70.15, and 82.54 ppm from the floodplain, delta plain, shallow-water, and deep-water mudstones, respectively. The ratio of Sr to B increases gradually from flood plain to deep water (from 0.45 to 0.77). The $\delta^{18}\text{O}$ (SMOW) value of the limestones ranges from 20.5 to 28.6‰, and the λ value is more than 120. The $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) value ranges from 0.6 to 10.4‰. These permit to infer that this basin underwent transgressions more than once during Early Tertiary time.

本文照片说明

1. 岩屑砂屑岩; 正交, $\times 110$, 商67井, 2508.9米, 沙三段中部。
2. 岩屑杂砂岩; 正交, $\times 110$, 商67井, 2499米, 沙三段中部。
3. 岩屑长石杂砂岩; 正交, $\times 110$, 临39井, 1820.5米, 东营组。
4. 颗粒状海绿石(g); 正交, $\times 110$, 商67井, 2508.9米, 沙三段中部。
5. 晶形完好的假六边形高岭石和粒状高岭石, 产于浅灰色泥质粉砂岩中; $\times 32000$, 沙三段下部。
6. 灰色泥岩中的鳞片状绿泥石; $\times 28000$, 沙四段。
7. 灰白色细砂岩胶结物中的似假六边形高岭石, 边缘被磨损变薄; $\times 19000$, 沙三段。
8. 灰褐色泥岩中的水云母-蒙脱石混合层矿物; $\times 32000$, 沙三段上部。
9. 紫红色泥岩中的片状水云母; $\times 24000$, 孔店组。
10. 灰褐色泥岩中的高岭石-蒙脱石混合层矿物; $\times 32000$, 沙三段上部。
11. 浅灰色泥质粉砂岩胶结物中晶形完好的高岭石; 扫描电镜, $\times 52000$, 沙三段下部。
12. 黄绿色砂质泥岩中的蜂窝状蒙脱石; 扫描电镜, $\times 9000$, 馆陶组。
13. 灰色泥质粉砂岩胶结物中的高岭石-蒙脱石混合层矿物; 扫描电镜, $\times 9300$, 沙三段下部。
14. 黄绿色砂质泥岩中的水云母-蒙脱石混合层矿物; 扫描电镜, $\times 6500$, 馆陶组。



图版说明见本文下面。