

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

渤海湾地区中生代地层剥蚀量及 中、新生代构造演化研究

纪友亮¹⁾, 胡光明¹⁾, 黄建军¹⁾, 吴智平²⁾

1) 同济大学海洋与地球科学学院, 上海, 200092; 2) 中国石油大学(华东), 山东东营, 257061

内容提要: 本文首先利用地震层速度法、镜质组反射率法、声波时差法、地质外推法、磷灰石裂变径迹法等确定渤海湾盆地中生界三叠系、侏罗系、白垩系的剥蚀量, 恢复了其原始地层厚度, 分析了中生代不同时期地层的分布状态, 盆地性质和展布特点。认为渤海湾盆地, 三叠系沉积时期为大型内陆盆地, 末期抬升遭受剥蚀。侏罗系和白垩系沉积时期为北西向展布的扭张型小盆地。进入新生代后, 形成了一个受NNE、NE向断层控制的半地堑式复合盆地, 叠置于中生代盆地之上。不同时代的地层由于不同的叠合方式形成了中坳新坳、中坳新隆、中隆新坳、中隆新隆4种叠合单元类型, 不同类型的叠合单元经历了不同的沉降史, 具有不同的石油地质意义。

关键词: 磷灰石; 裂变径迹长度分布; 数值模拟; 剥蚀量; 渤海湾盆地; 叠合单元

渤海湾地区(本文所称的渤海湾盆地区, 主要是指渤海湾新生代盆地覆盖区域)中生代是盆地类型发生重大变革的时期。这一阶段构造-沉积演化具有特殊的地质意义。地层剥蚀量恢复是进行地质构造演化史研究的一个很重要的手段, 确定地层剥蚀量的方法很多, 其中磷灰石裂变径迹长度分布分析较精确, 但其测试费昂贵, 数据点少。根据本次对渤海湾盆地中生界剥蚀量的研究过程和效果, 认为先通过地震层速度法、镜质组反射率法、声波时差法、地质外推法等, 利用大量的已有资料, 确定地层剥蚀量的范围, 并建立起初步的埋藏史曲线, 参考此埋藏史曲线, 建立起多个可能的埋藏史曲线, 沿这些可能性最大的几种不同地质热史路径, 对关键井点研究层位的磷灰石裂变径迹长度分布进行数值模拟。通过与实测磷灰石裂变径迹长度分布的比较, 确定出该井点研究层位合理的、精确的地质演化历史。然后对利用其他方法获得的大量的剥蚀量数据进行校对。通过编制全区中生代不同时期的剥蚀厚度等值线图, 再利用残余厚度等值线图和剥蚀厚度等值线图, 获得原始厚度等值线图, 在此基础上分析渤海湾地区中生界的构造-沉积演化史。

1 磷灰石裂变径迹分析的基本原理

利用磷灰石裂变径迹恢复所研究的地层经受的

古温度状况和构造抬升引起的地层剥蚀量是建立在磷灰石所含的 U^{238} 自发裂变产生的径迹在地质历史时间内受温度作用而发生退火行为这一化学动力学原理基础之上的(邓孝等, 1997; 郑德文等, 2001; 姜亮等, 2001)。依据裂变径迹年龄、裂变径迹平均长度及裂变径迹长度分布特征等参量就可以确定样品所在层位所经历的热史演化过程和温度变化规律, 从而求出最大埋深与最小埋深的古地温, 最终推算剥蚀厚度。这3个参量中, 裂变径迹长度分布特征则既能反映退火程度, 也能反映退火与时间的关系, 给出热历史的细节。因此, 一般用磷灰石裂变径迹的封闭长度分布作为参数, 通过磷灰石裂变径迹退火模拟来获得。国内外最常用的模型之一是澳大利亚的扇形模型, 该模型描述了裂变径迹的恒温退火过程(Laslett et al., 1987; 王军, 1997; 吴富强等, 2000; 周祖翼等, 2001)。

磷灰石裂变径迹长度分布模拟, 是沿给定的热史路径, 模拟磷灰石裂变径迹退火历史及长度分布演化, 计算该热史条件下磷灰石裂变径迹的理论值及该理论值与实测值之间的方差, 应用最优化方法(如蒙特卡罗法、最小二乘法)来实现目标函数极小值的求取和抬升剥蚀量的计算。选定澳大利亚扇形模型为磷灰石裂变径迹退火定量模型, 模型的数学

注: 本文为国家“973”重大基础研究发展规划项目(编号 G1999043304)资助成果。

收稿日期: 2005-11-14; 改回日期: 2005-12-07; 责任编辑: 周健。

作者简介: 纪友亮, 男, 1962年生。1983年毕业于华东石油学院勘探系, 1991年于石油大学(北京)获博士学位。现任同济大学教授, 博士生导师, 主要从事石油地质学、沉积学和层序地层学方面的研究和教学工作。通讯地址: 200092, 上海四平路1239号, 同济大学海洋学院; Email: jiyouliang@mail.tongji.edu.cn。

描述参见 Green (1991)和 Kevin(1991)。

2 样品测试及数据分析

实际地质研究表明,渤海湾地区自中生代以来地层遭受了不同程度的强烈的剥蚀,尤其是中生代地层在地震剖面上表现为与古近纪地层之间强烈的角度不整合接触。如何正确认识该地区的地质演化

历史和恢复其原始沉积特征,剥蚀量的求取起着至关重要的作用。根据研究需要,对渤海湾盆地丘县凹陷马头构造带的丘5井、黄骅拗陷的桥参1井和乐1井、无极凸起的博1井等4口井的侏罗纪和白垩纪地层的样品进行了磷灰石裂变径迹测定,其样品岩性全部为砂岩,由北京核工业地质研究所测定,部分结果见表1、2。

表1 渤海湾盆地磷灰石裂变径迹测定结果表

Table 1 Determination results of apatites fission tracks in Bohai Bay basin

井号	样号	深度(m)	地层	自发裂变径迹密度 ($\times 10^6 \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2}$)	诱发裂变径迹密度 ($\times 10^6 \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2}$)	表观径迹年龄 (Ma)	自发裂变平均投影长度 (μm)
桥参1井	010501	1548.27	K ₁ ² 上部	0.787651	0.956536	46.58	5.023747
桥参1井	010502	1875.42	K ₁ ² 下部	3.514871	10.845912	38.41	4.978175
桥参1井	010503	1946.78	K ₁ ¹ 上部	0.048963	0.104953	34.16	4.308333
桥参1井	010504	2179.48	K ₁ ¹ 中部	0.354974	1.184616	30.87	4.965714
桥参1井	010505	2478.45	J上部	0.547318	1.843958	36.49	4.927027
桥参1井	010506	2523.76	J中下部	0.643159	0.954235	31.56	4.410579
博1井	010507	1543.79	K ₁ ² 上部	0.856276	1.023564	44.12	4.889328
博1井	010508	1698.21	K ₁ ² 底部	0.678945	0.985462	35.14	4.719697
博1井	010509	1768.49	K ₁ ¹ 上部	0.542698	0.746582	33.16	4.719697
博1井	010510	1834.59	K ₁ ¹ 中部	0.415557	0.812665	31.08	4.832877
博1井	010511	2049.51	J中上部	0.384954	0.765452	29.26	4.910494
丘5井	010512	1857.27	K ₁ ² 上部	0.717554	0.886536	42.58	5.23
丘5井	010513	2193.42	K ₁ ² 下部	4.894080	14.881310	37.28	4.78
丘5井	010514	2195.40	K ₁ ² 底部	0.514780	1.544672	37.54	4.149
丘5井	010515	2486.10	K ₁ ¹ 上部	0.025318	0.082465	33.63	4.303
丘5井	010516	2557.50	K ₁ ¹ 中部	0.385485	1.460578	31.04	4.22

表2 丘5井磷灰石自发径迹投影长度实测结果

Table 2 Determination results of spontaneous fission tracks projected lengths of apatites from well Q-5

样号	根数 (n)	长度 (μm)								
		<2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10
010512		60	48	62	77	87	38	27	16	17
010513		52	45	65	56	56	35	17	15	6
010514		71	76	83	64	44	20	11	9	4
010515		22	17	15	20	13	6	3	3	
010516		55	46	57	32	26	15	10	4	4

注:样品测试由北京核工业地质分析测试研究中心完成。

从表1和图1中可知,丘5井在井深1857.27~2557.50m之间的5个样品的表观年龄大多在30~40Ma之间,远小于下白垩统的地层年龄(97~140Ma)(赵孟为,1992;王世成等,1992),且随深度的增加没有明显减小的趋势;同时,平均长度短,大多在4~5 μm 之间(图1),远小于标准的 $16.3 \pm 0.9 \mu\text{m}$ 诱发裂变径迹长度(赵孟为,1992)。据理论描述的裂变径迹年龄与温度关系及分带情况可知(王世成等,1992),并结合别人对该地区的研究分析数据及结果(邱楠生等,2004),认为这5个样品均处于冷

却带位置(图1)。裂变径迹长度分布图呈负偏(图2),分布展宽,标准偏差大,略显双峰,而且包含了较多的短径迹。说明此样品经历过较今地温高的古地温。因此反映中生界沉积结束时,样品有很大的埋深,接着又发生了较大的抬升,上白垩统和部分下白垩统被剥蚀掉,且剥蚀时间较长。由于样品至今埋深已进入较高的退火温度,故封闭径迹长度分布双峰特征不明显。该区的实际地质资料表明(孙冬胜等,2004),早白垩世末的晚燕山运动使侏罗系一下白垩统经历了剥蚀和夷平,造成侏罗系一下白垩统与古近系呈角度不整合并缺失上白垩统,实验分析结果与该地区的实际地质资料十分吻合。

3 热史演化模型的建立

首先利用地震剖面地质外推法、地震层速度法、镜质组反射率法和声波时差法等对研究地区的中生界的剥蚀量进行恢复,表3给出了根据这些方法得到的剥蚀量的结果的对比情况。根据这些剥蚀量,并建立起磷灰石裂变径迹测试井点的初步的埋藏史曲线,在这个埋藏史曲线的基础上,对细节部分进行变

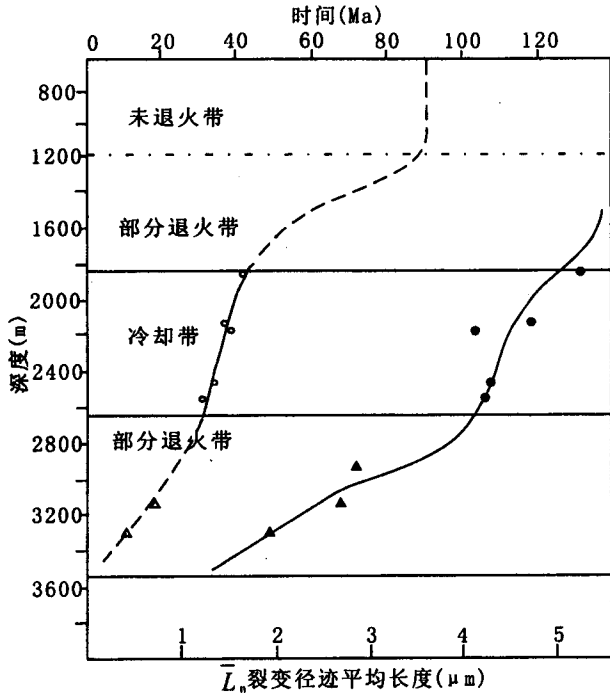


图 1 丘 5 井裂变径迹表观年龄、平均长度与深度的关系及分带

Fig.1 The relationship of the apatite age and the fission track relative mean projected length of well Q-5 to depth and the distribution of various zones

○—丘 5 井表观年龄; ●—丘 5 井平均长度; △—丘 3 井表观年龄(周祖翼等, 2001); ▲—丘 3 井平均长度(周祖翼等, 2001)
○—Apatite age of well Q-5; ●—the fission track relative mean projected length of well Q-5; △—apatite age of well Q-3 (Zhou et al., 2001); ▲—the fission track relative mean projected length of well Q-3 (Zhou et al., 2001)

表 3 各方法求算剥蚀量数据对比表(m)

Table 3 Correlation of eroded thickness (m) gotten by different way

井号	时代	声波时差法	R ₀ 法	地质外推法	地震层速度法	磷灰石裂变径迹法
丘 3 井	K ₂ K ₁	1257.3 1050		2500		
馆深 1 井	T C—P	1000 300	3700	3500		
丘 4 井	K ₁		2000			
巨 1 井	T		2500		768.3	
巨参 1 井	T		2675		1752.41	
巨 5 井	T		1000		1050.17	
冀参 5 井	K ₂ K ₁	1000 1200	1000 2000		896.9 1000	
丘 5 井	K ₂ K ₁	1500 800	1200 800	1500 1000	2000 2000	1570 1000
桥参 1 井	K ₁ J		900 1000	1000 1000		1100 1200
博 1 井	K ₁ J		700 800	800 700		900 850

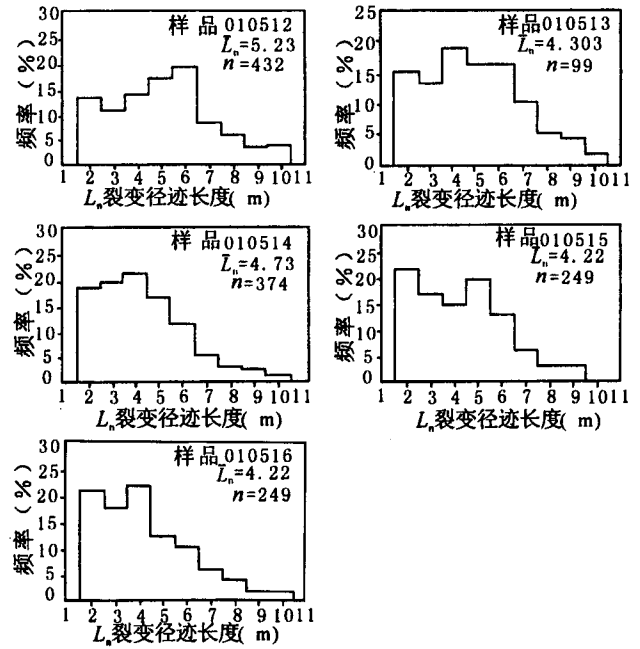


图 2 丘 5 井磷灰石实测裂变径迹长度分布图

Fig.2 The frequency distribution of obtained fission-tracks length of well Q-5

动, 建立多个埋藏史曲线。

4 实验模拟

在上述磷灰石裂变径迹实验数据分析的基础上, 利用其他方法获得的剥蚀量数据, 建立磷灰石裂变径迹测试井点的多种热史演化模型(图 3), 利用前面给出的理论和方法进行数值模拟。从丘 5 井的模拟结果来看, 只有在图 3b 情况下得到的裂变径迹分布特征与实测结果(图 4)一致, 标准方差为 2.2%。模拟结果表明, 丘 5 井在 70Ma 左右, 即上白垩统沉积后, 地层达到最大埋深 3500m; 之后发生构造抬升并遭受剥蚀, 持续时间从 70~35Ma, 经计算得到白垩纪地层的最大剥蚀厚度为 2570m, 其中下白垩统剥蚀厚度 1000m, 上白垩统剥蚀厚度 1570m。结合其他方法综合分析, 丘 5 井处下白垩统剥蚀厚度 950m。

综合上述几种方法, 我们利用 240 口井、300 多条地震剖面获得了渤海湾盆地中生界不同层位的剥蚀量数据 5700 个, 中间数据 40 万个, 表 4 仅列出了部分井的中生界不同层位剥蚀量数据, 根据所获得的剥蚀量数据编制了各不整合面的剥蚀量图和原始地层厚度等值线图(图 5、6)。

剥蚀量研究的结果表明, 不同地区或不同时代

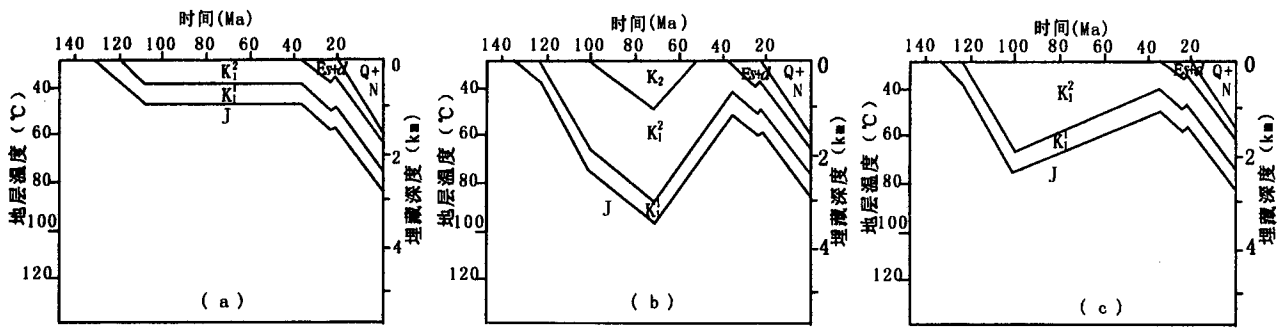


图3 丘5井热史演化模型

Fig. 3 The model of thermal history evolution of well Q-5

表4 渤海湾盆地部分井中生界不同层位剥蚀量

Table 4 Eroded strata thickness of different strata of Mesozoic in some well of Bohai Bay basin

构造位置	井号	T剥蚀量 (m)	J剥蚀量 (m)	K ₁ 剥蚀量 (m)	
黄骅拗陷	北塘凹陷 塘参1井	846	533	791	
	歧口凹陷 歧古1井	1429	296	557	
	徐黑凸起 徐13井	1543	728	589	
	徐1井	1608	603	810	
临清拗陷	南宮凹陷 官1井	1718	603	514	
	巨鹿凹陷 巨参1井	1527	432	593	
	丘县凹陷 丘5井	873	411	950	
沧县隆起	大城凸起 葛5井	912	376	822	
	里坦凹陷 大4井	748	225	533	
冀中拗陷	廊固凹陷 桐1井	1421	437	589	
	文安斜坡 苏1井	1053	769	952	
	刘村低凸起 皇2井	703	315	596	
东濮拗陷	观城洼陷 开3井	1308	637	1017	
	海通集洼陷 庆古1井	1616	807	1023	
	高平集斜坡 长2井	2226	216	713	
呈宁隆起	北西斜坡 桩30井	1406	421	577	

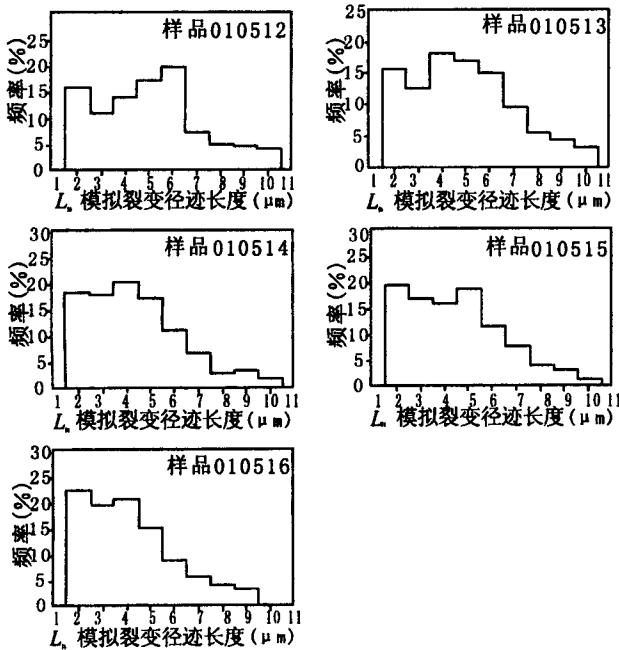


图4 丘5井磷灰石模拟裂变径迹长度分布图

Fig. 4 The frequency distribution of simulated fission-tracks length of well Q-5

剥蚀量差异程度很大:三叠系剥蚀量从0~1200 m不等,从西往东可划分出三个剥蚀量比较大的南北方向的条带,第一条带为巨参1井—丘4井以东—长2井—一线,最大剥蚀量为800~1200m;第二条带为桐1井—大4井—南皮和徐13井—一线,最大剥蚀量为1000m;第三条带为塘参1井—东营—一线,最大剥蚀量也可达1000m。侏罗系剥蚀量相对较小,平均为400~600m,最大剥蚀量地区在渤海湾盆地西部的冀中凹陷区和东北部乐亭地区,剥蚀量可达1000m。下白垩统剥蚀量差异较大,剥蚀量较小的地区如官1井区,剥蚀量仅0~200m,剥蚀量最大的地

区在丘4井和观城开3井一带,可达1000m左右。

三叠系剥蚀量等值线呈近于南北向延伸,说明三叠纪后形成近于南北向的构造,也进一步说明三叠系盆地在演化过程中受到了近于东西向的挤压和拉伸。侏罗系和白垩系的剥蚀量等值线呈北西—南东向延伸,并相间排列,说明侏罗系和白垩系沉积过程中及其之后,形成了近于北西—南东向的构造,也进一步说明侏罗系和白垩系沉积期,受燕山运动的影响,盆地受北东—南西向的挤压和拉伸。

5 渤海湾中生代盆地演化及其与新生代盆地叠合关系探讨

在前人研究基础上(李伟等,2005;郑德顺等,2005;徐杰等,2001),结合本次地层剥蚀量恢复的结

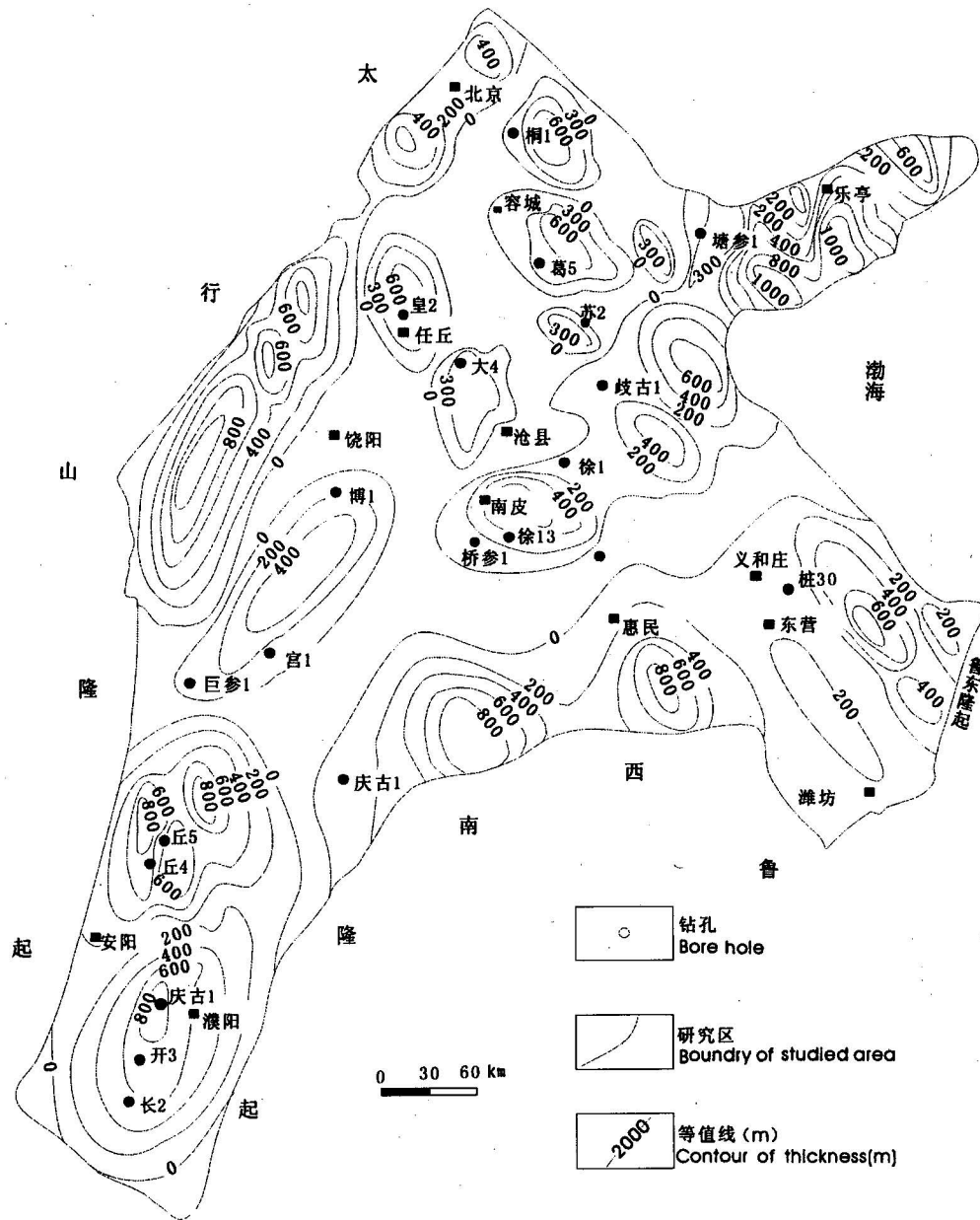


图 5 渤海湾盆地侏罗系剥蚀厚度等值图

Fig. 5 Erroded thickness contour map of Jurassic in Bohai Bay basin

果,我们对渤海湾盆地中生代的盆地演化过程及其与新生代盆地的叠合关系进行了探讨。本次研究将渤海湾盆地中生代盆地的演化划分为早—中三叠世、晚三叠世、早—中侏罗世、晚侏罗世至早白垩世、晚白垩世 5 个阶段。

(1)早—中三叠世统一盆地沉积阶段:早—中三叠世,渤海湾盆地所在的整个华北地区是统一的内陆沉积盆地,原始沉积厚度 1500~2000m。

(2)晚三叠纪褶皱隆升阶段:渤海湾盆地区域此时主要受控于扬子板块与华北板块挤压碰撞所产生

的挤压应力场,整个渤海湾盆地区域抬升,成为剥蚀区。在 NEE—SWW 向挤压应力场的作用下,产生了一系列 NNW—SSE 向逆冲褶皱隆起带及其伴生的宽缓向斜,形成了强剥蚀区和弱剥蚀区大致呈东西分带的现象。由此造成了地层缺失、角度不整合、褶皱。由于该区处于抬升剥蚀状态,早—中三叠世沉积的地层几乎剥蚀殆尽,仅在冀中拗陷、临清拗陷、黄骅拗陷南部等地区有残存。

(3)早—中侏罗世的截凸填坳的均夷化过程:该时期,渤海湾盆地区域上经历了一个较长时期

的截凸填凹、填平补齐的过程(图6),在晚三叠世挤压逆冲断层和褶皱造成的本区地势高低起伏的背景上,剥蚀均夷,凸起区地层遭受剥蚀,相对低洼区接受了一套河湖相的含煤的侏罗纪地层的沉积,地层沉积具北西向成带分布的特点。

(4)晚侏罗世—早白垩世的扭张断陷:先期形成的北西向逆冲断层的上升盘,此时开始下降,逐渐转化为洼陷,发育了一套红色碎屑岩及安山岩建造,而先期接受沉积的下降盘则抬升成为凸起区遭受剥蚀(图5),由于负反转构造的发育,往往会出现在现今剖面上古生界向洼陷方向减薄、断层下降盘地层厚度小于上升盘的残留厚度等现象(郑德顺等,2005;徐杰等,2001)。

(5)晚白垩世的剥蚀均夷阶段:早白垩世末期的燕山运动之后,华北及邻区缓慢抬升,经晚白垩世(95~65Ma)强烈的剥蚀均夷,形成广泛分布的华北准平原(郑德顺等,2005;徐杰等,2001),这个剥蚀均夷面形成了渤海湾盆地的基底。剥蚀均夷过程中,在低洼部位接受了上白垩统的沉积,因此上白垩统分布很局限。如临清拗陷区南部上白垩统零星分布。

进入新生代后,渤海湾盆地区域开始进入一个新的构造演化阶段,形成一个受NNE、NE向断层控制的半地槽式复合盆地,叠置于中生代盆地之上。

6 渤海湾盆地中、新生代盆地的叠合单元区划及石油地质意义

叠合盆地是指经过多期构造变革,由多个单型盆地多方位叠加复合而形成的具有复杂结构的盆地,盆地的叠合类型可分为继承型和相干型(宋国洪等,1998)。由上述分析可知,渤海湾盆地是在古生代

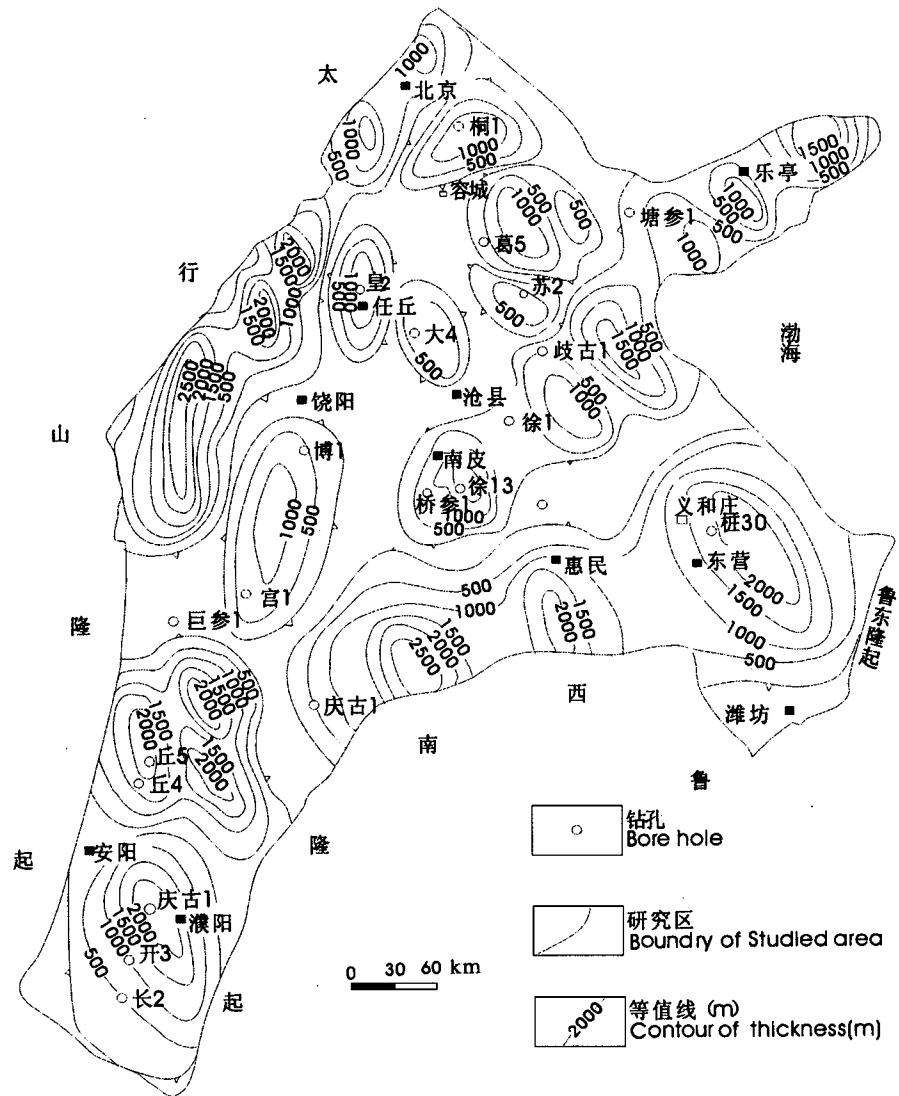


图6 渤海湾盆地侏罗系原始厚度等值线图

Fig. 6 Original thickness contour map of Jurassic in Bohai Bay basin

华北克拉通盆地的基础上,经历了印支运动、燕山运动、喜马拉雅运动的多期次改造,侏罗纪—白垩纪的控盆断层为NW向,新生代为NE(NNE)向,两者以相干型叠合;受资料所限,本文仅对渤海湾地区济阳拗陷的中、新生代盆地的叠合单元区划及石油地质意义进行了研究,且由于济阳拗陷三叠系已剥蚀殆尽,因此仅讨论侏罗系、白垩系与新生界的叠合情况,依据济阳拗陷不同时期凸起和凹陷的分布规律,在不考虑 J_{1+2} 、 J_3+K 沉积中心变化的情况下,可将济阳拗陷中、新生代叠合盆地划分出中拗新坳、中拗新隆、中隆新坳、中隆新隆4种类型的叠合单元。

由于不同的叠合单元经历了不同的沉积埋藏史,因而区划出不同叠合单元类型,对于渤海湾盆地前第三纪地层的油气勘探具有重要意义。

中拗新拗型叠合单元：分布于新生代凹陷与中生代凹陷的叠合区，如牛 38 井(图 7)、王 41 井、渤 701 井等地区，该类型前第三系在沙河街组沉积后都已超出生油窗，处于过成熟状态，新生代时期存在生气的可能。

中拗新隆型叠合单元：分布于新生代隆起与中生代凹陷的叠合区，如新生代的青城凸起区(图 7)、滨县凸起区在中生代均属于拗陷区，其古生界在白垩纪中、晚期已全部经历了生油窗，中生界下部地层在新生代处于生油窗范围内，因而该类型应注重对古生界的气源、中生界的油源的勘探。

中隆新拗型叠合单元：为中生代隆起区与新生代凹陷区的叠加，如滨 78 井地区(图 7)，无中生界沉积，古生界在新生代可进入二次生烃门限。

中隆新隆型叠合单元：中生代、新生代均处于剥蚀状态，如永 87 井(图 7)，古生界、中生界均被剥蚀殆尽，新近系直接覆盖于泰山群之上，因而该类型区不可能有前第三系油气源的存在。

对于中生代的勘探，中拗新隆型叠合单元和中隆新拗型叠合单元是比较有利的区域，但目前在中生界找到的油气藏多为新生(新生界生油)古储(中生界储油)型油藏，因此应加强中生界发育区沉积相

和生油岩的研究。

7 结论

(1)磷灰石裂变径迹长度分布是地质热史过程中最直接的记录，包含有丰富的地质信息。因而利用磷灰石裂变径迹数值模拟能够很好的反映盆地的演化历史，进而可以准确地得到地层的剥蚀量。

(2)利用磷灰石裂变径迹模拟技术之前，需要通过多种剥蚀量恢复方法计算关键井区的剥蚀量，根据这些剥蚀量，并建立起初步的埋藏史曲线，在这个埋藏史曲线的基础上，对细节部分进行变动，建立多个埋藏史曲线。然后进行模拟，会得到事半功倍的效果和精确的结果。

(3)三叠系剥蚀量等值线呈近于 NNW—SEE 向延伸，说明三叠系沉积之后形成了近于 NNW—SEE 向的挤压构造，也进一步说明三叠系盆地在演化过程中受到了近于北东东—南西西向的挤压。侏罗系和白垩系剥蚀量等值线呈北西—南东向延伸，并相间排列，说明侏罗系和白垩系沉积过程中及其之后，形成了近于北东—南西向的构造，也进一步说明侏罗系和白垩系沉积期，受燕山运动的影响，盆地受北西—南东向的挤压和拉伸。

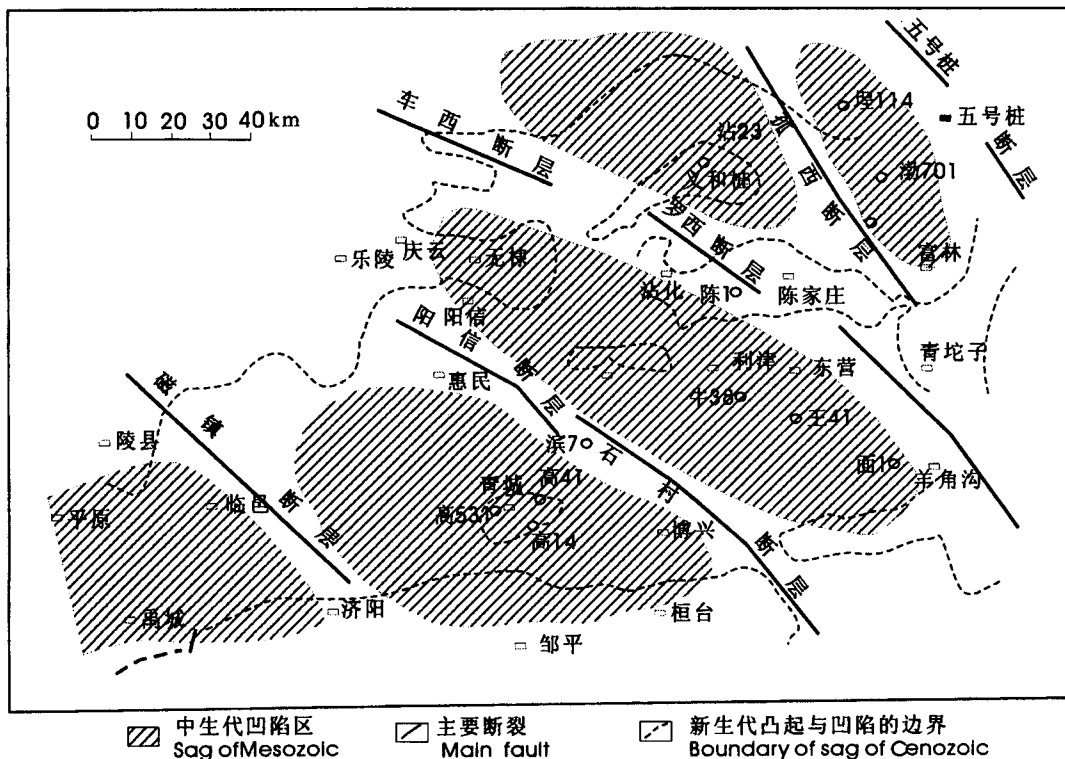


图 7 济阳拗陷中、新生代盆地叠合关系图

Fig. 7 Congruence map of Mesozoic and Cenozoic sag in Jiyang depression

(4) 由于新生带构造运动机制发生明显变化, 在 NW—SE 向延伸的侏罗纪、白垩纪地层的基础上, 沉积了北东—南西向延伸的新生代地层。不同时代的盆地的叠合配置关系形成了中坳新坳、中坳新隆、中隆新坳、中隆新隆 4 种类型的叠合单元。不同的叠合单元其油气生成和运聚历史明显的不同。

参 考 文 献

- 邓孝, 陈墨香, 汪缉安, 等. 1997. 南海北部陆架西区磷灰石裂变径迹的分析. 岩石学报, 13(4): 507~514.
- 姜亮, 周新华, 金强. 2001. 利用磷灰石裂变径迹研究西湖凹陷的古地温. 石油大学学报(自然科学版), 25(1): 30~33.
- 李伟, 吴智平, 周瑶琪. 2005. 济阳坳陷中生代地层剥蚀厚度、原始厚度恢复及原型盆地研究. 地质评论, 51(5): 507~516.
- 邱楠生, 李善鹏, 曾澹辉. 2004. 渤海湾盆地济阳坳陷热历史及构造热演化特征. 地质学报, 78(2): 263~269.
- 宋国洪, 施央申, 王秉海, 王捷. 1998. 济阳盆地中生代构造特征与油气. 地质评论, 44(3): 289~294.
- 孙冬胜, 刘池阳, 杨明慧, 等. 2004. 渤海湾盆地冀中坳陷中区新生代复合构造伸展构造. 地质评论, 50(5): 484~491.
- 王军. 1997. 利用磷灰石裂变径迹计算隆升速率的一些问题. 地质科技情报, 16(1): 97~102.
- 王世成, 冯石, 康铁笙, 等. 1992. 临清坳陷钻井磷灰石样品的裂变径迹长度分布及在热史研究和构造上的意义. 科学通报, 37(22): 2069~2071.
- 吴富强, 刘家铎, 何明喜, 等. 2000. 磷灰石裂变径迹分析在焉耆盆地油气勘探中的应用. 成都理工学院学报, 27(2): 141~144.
- 徐杰, 高战武, 孙建宝, 宋长青. 2001. 区域伸展体制下盆地山构造耦合关系的探讨——以渤海湾盆地和太行山为例. 地质学报, 75(2): 165~174.
- 赵孟为. 1992. 磷灰石裂变径迹法在盆地地热史研究中的应用. 石油学报, 13(4): 1~9.
- 郑德文, 张培震, 万景林. 2001. 碎屑颗粒磷灰石裂变径迹法在制约地层年龄中的应用. 矿物岩石地球化学通报, 20(4): 465~467.
- 郑德顺, 吴智平, 李伟, 周瑶琪. 2005. 济阳坳陷中、新生代盆地转型期断裂特征及其对盆地的控制作用. 地质学报, 79(3): 386~394.
- 周祖翼, Doneck R. 2001. 基于磷灰石裂变径迹分析数据的时间—温度历史的多元动力学模拟. 石油实验地质, 23(1): 97~102.
- Green P F. 1991. The relationship between track shortening and fission tracks age reduction in apatite; combined influences of inherent instability, annealing anisotropy, length bias and system calibration. Earth Planet. Sci. Lett., 104: 181~195.
- Kevin D. 1991. Hermlal sinnificance of fission tracks in apatite I. A qualitative description. Chem. Geol. (Isot. Geosci. Sect.), 59: 237~253.
- Laslett G M, Green P E, Duddy I R, et al. 1987. Thermal annealing of fission tracks in apatite, 2. a quantitative annylysis. Chem. Geol., 65: 1~13.

Eroded Strata Thickness of Mesozoic and Evolution of Mesozoic and Cenozoic Basins in the Bohai Bay Basin Area

Ji Youliang¹⁾, HU Guangming¹⁾, HUANG Jianjun¹⁾, WU Zhiping²⁾

1) School of Ocean and Earth Science, Tongji University, Shanghai, 200092

2) China University of Petroleum, Dongying, Shandong, 257061

Abstract

In this article, technique of apatite fission track length, the seismic strata velocity method, R_0 method, sound wave time difference method and geologic extrapolation are used to get the eroded strata thickness of Tertiary, Jurassic and Cretaceous in the Bohai Bay basin area. Their original sedimentary thicknesses are restored, and the distribution of original strata, prototype and the distribution of the basin in different times are analyzed. It is considered, in the Tertiary, the basin is a big inner continental depression, and in the Jurassic and Cretaceous, the basin is a group of small inter-mountain depression elongated in the ENE direction. In the Cenozoic, a group of half-graben depression elongated in the NNE direction are developed. Because of the superposition of relic basin of different ages in the area of the Bohai Bay basin, 4 types of superposition units are formed; (1) Mesozoic depression and Cenozoic depression; (2) Mesozoic depression and Cenozoic uplift; (3) Mesozoic uplift and Cenozoic depression; and (4) Mesozoic uplift and Cenozoic uplift. Because of different superposition units experienced different burial and thermal evolution history, they have different petroleum geological importance.

Key words: apatite; fission track length distribution; numerical simulation; eroded strata thickness; Bohai Bay basin; superposition unit