文章编号:1001－6112(2011)05－0460－08

米氏旋回剥蚀量计算方法在泌阳凹陷的应用

姚益民[1],徐旭辉[2],刘翠荣[2],谈彩萍[3],罗家群[4],朱景修[4]

(1. 中国石油化工股份有限公司 胜利油田分公司 地质科学研究院,山东 东营 257015;
2. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院,北京 100083;
3. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所,江苏 无锡 214151;
4. 中国石油化工股份有限公司 河南油田分公司 石油勘探开发研究院,河南 南阳 473132)

摘要:利用米氏旋回地层学方法对泌阳凹陷古近系与新近系之间区域不整合面的剥蚀量进行了计算。泌阳凹陷古近系\新近系剥蚀量计算可以分为 2 段:(1)各井各组(段和亚段)选定现有地层的分层和测井曲线数据进入“旋回地层学研究系统”(Version1.0),寻找 0.405 Ma 周期,求最大优势旋回,计算出现有沉积时间;(2)把现有地层沉积时间以外的剥蚀掉的时间,用 0.405 Ma 周期转化为剥蚀厚度。计算结果表明在凹陷的核心地区,仅廖庄组遭到剥蚀,凹陷东南部安棚一带剥蚀量小于 100 m,向凹陷西、西北以及北部边缘方向逐渐增大,至廖庄组缺失线附近,剥蚀厚度在 650 m 以上。凹陷边缘附近,核桃园组也遭到剥蚀,核桃园组的剥蚀厚度主要介于 4.1～666.5 m,总剥蚀量在 1 000 m 以上。泌阳凹陷已知油田分布于剥蚀厚度大于 200 m 地区。

关键词:米氏旋回法;E/N 的剥蚀量计算;核桃园组;廖庄组;泌阳凹陷

中图分类号:TE121.3　　**文献标识码**:A

Calculation of denudation amount with Milankovitch cycle method: a case study in Biyang Sag

Yao Yimin[1], Xu Xuhui[2], Liu Cuirong[2], Tan Caiping[3], Luo Jiaqun[4], Zhu Jingxiu[4]

(1. *Geological Research Institute, Shengli Oilfield Branch Company, SINOPEC, Dongying, Shandong* 257015, *China*; 2. *SINOPEC Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing* 100083, *China*; 3. *Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu* 214151, *China*; 4. *Exploration & Development Research Institute, He'nan Oilfield Branch Company, SINOPEC, Nanyang, He'nan* 473132, *China*)

Abstract: The denudation thickness of Paleogene—Neogene unconformity in the Biyang Sag has been calculated with the Milankovitch cycle method. The calculation process has been divided into 2 steps. 1) Put the strata classification and logging curves of all formations as well as sections and sub-sections into “studies system of cyclostratigraphy” (version 1.0) so as to find the 0.405 Ma period. In this way, the maximum dominant cycle and the sedimentary time for available strata can be calculated. 2) Transform the denudation time besides of the above-mentioned sedimentary time for available strata into erosion thickness according to the 0.405 Ma period. It has been concluded that in the center of the sag, only Liaozhuang Formation is denuded. In Anpeng area which locates in the southeast of the sag, the denudation thickness is less than 100 m and increases gradually to the west, northwest and northern margin of the sag, and finally exceeds 650 m around the missing boundary of Liaozhuang Formation. Hetaoyuan Formation is also denuded near to the sag boundary, mainly 4.1－666.5 m thick, and the total denudation thickness is over 1 000 m. The known oilfields in the sag mainly locate in the area with denudation thickness larger than 200 m.

Key words: Milankovitch cycle; denudation calculation of Paleogene—Neogene; Hetaoyuan Formation; Liaozhuang Formation; Biyang sag

泌阳凹陷是河南南襄南部的一个新生代陆相含油盆地,面积约 1 000 km^2。地层自下而上,古近系为玉皇顶组、大仓房组、核桃园组和廖庄组,最大厚度达 7 000 m;新近系为凤凰镇组,厚度薄,只有约 100 m,上覆为第四系平原组。古近系廖庄组和新近系凤凰镇组之间大约近18个百万年剥蚀,形成区域

收稿日期:2011－07－25;**修订日期**:2011－09－30。

作者简介:姚益民(1939—),男,硕士,教授级高级工程师,从事陆相中新代地层和微体化石研究。E-mail:yym8715@163.com。

基金项目:中国石油化工股份有限公司科学技术研究开发项目(P08060)资助。

性的不整合面[1]。泌阳凹陷新生代持续沉降、整体上升和全面萎缩等 3 个阶段的地质年龄或地层间断面，特别是古近系/新近系剥蚀面的计算，将直接影响成烃成藏定量研究[2]。为解决陆相地层中的剥蚀量计算，不少油田工作者采用过多种方法，如：地层对比法、沉积速率法、声波时差法、镜质体反射率(R_o)法、地震地层学法、最优化法和天然气平衡浓度法等[3-7]，但效果不好。近年来天文地层学，即米氏旋回的研究，在地层时间的应用上有了重大突破。例如，国际地层表(2004)(国际地层委员会，2008)中应用了不少天文地层年龄计算的数据(ATNT2004)[8]；在大洋的中、新生代的米氏气候旋回和磁极性地层结合和地质年代计时方法的应用，提出了 5.30 Ma 以来的‘天文极性地质年代表’(APTS)[9]。天文地层学兴起[10-15]，特别在陆相地层定量研究上提出了新的思路。东营凹陷成烃成藏定量研究中，在天文地层年龄和剥蚀量计算方面做了可喜尝试和实践[16]，在方法上基本成型[15]。姚益民等对泌阳凹陷从东南至西北向的 12 口井的廖庄组(L)、核一段(H_1)、核二段(H_2)、核三段及其以下的界线数据和天文地层(米氏)旋回进行了分析，并计算确定了“河南泌阳凹陷新生代天文地层表”。该表提出了 45 Ma 以来的各组(段)的地层地质年龄，为采用米氏旋回方法进行剥蚀时间和剥蚀厚度的计算奠定了基础。因此，本文将采用米氏旋回学方法，基于钻井资料的分析研究，定量计算泌阳凹陷古近系/新近系不整合的剥蚀量，为该凹陷成烃成藏研究提供可靠的依据。

1　米氏旋回(天文地层学)基本内容

19 世纪早期，南斯拉夫米兰科维奇(Milankovich，1920)在前人天文学研究的基础上，提出地球公转轨道的偏心率(10 万年)、黄赤交角(4 万年)和近日点(岁差)(2 万年)等天文参数变化引起地球太阳辐射量变化，导致冰河和间冰期的交替出现，因而提出第四纪冰期成因假说。20 世纪 70 年代后大洋钻探取得了大量米氏旋回记录，越来越多的人认识到使用米氏高分辨率旋回研究的重要性，特别是 20 世纪 90 年代至今有了突破性进展[12]。在地球轨道参数的计算中，天文长周期与日常习惯的昼夜、冬夏等天文短周期的变化是一样的，都具有计时和指示环境背景的双重功能。特别是 40 万年偏心率长周期，恰好就是我们为地质计时想要寻找的天文“钟摆”。随着高分辨率记录向越来越老的地层拓展，地球轨道长周期和地球表层系统内部的长周期现象，正在成为地质研究中新的生长点[10]。中国地质调查局和全国地层委员会提出了“天文地层”的新概念，其测年方法已应用于中、新生代天文年代学研究中[10-11,13]。因此，新的“国际地质年表”中已把地球轨道因素的变化作为确定地质年代的一种重要依据。而地球轨道椭率较为稳定的长周期性变化，也为地层的划分提供的一个很好的时间标尺[14]。这一概念是立足于天文学“米氏旋回假说”中地球轨道三要素的周期性和准周期性变化，通过对地层岩性、厚度等数字化数据进行功率谱、数字滤波和褶积等数学分析和运算，可以实现地层地质年龄的划分和对比。这一方法具有计算精度高、计算过程的可优化、自动化和可操作性强的特点[11]，为开展成烃成藏定量研究开拓一片新领域。

2　泌阳凹陷天文地层剥蚀量计算方法

2.1　廖庄组剥蚀量分析和计算

2.1.1　廖庄组基本分层数据

为更好了解廖庄组计算方法并减少文章篇幅，以凹陷中部凹陷带的 B6 井为例作分析和计算，其最基本数据有：井的坐标、各组段的地层分层、厚度，地震反射层及岩性、生物和沉积特征，及其测井曲线文本文档等，记录于表 1。

2.1.2　寻找和确定 0.405 Ma 周期中最大优势旋回的峰值

用各井各组(段和亚段)选定 GR，SP，RT 等现有地层的测井数据进入“旋回地层学研究系统”(Version1.0)[17]，寻找各层段相当于 0.405 Ma 周期中最大优势旋回峰值。其中，选定 B6 井 SP 测井的廖庄组谱图中的峰值为 36.45 m(图 1)。计算出的堆积速率为 0.122 3 m/ka。

泌阳凹陷古近系/新近系剥蚀量计算可以分为 2 段：①寻找 0.405 Ma 周期，求最大优势旋回，计算出现有沉积时间；②把现有地层沉积时间以外的剥蚀掉的时间，用 0.405 Ma 周期转化为剥蚀厚度。这一剥蚀厚度就是所需要计算出的剥蚀量。

2.1.3　求各组间隔时间

分别用 0.405 Ma 周期中的最大优势旋回厚度来计算出各层段间隔时间，如 B6 井廖庄组的厚度 298 m 和相应于 36.45 m 的比值求出间隔时间为：298 m/36.45 m×0.405 Ma = 3.311 Ma。

2.1.4　计算廖庄组顶至 23.03 Ma 期间的剥蚀时间和剥蚀厚度

廖庄组为渐新统地层时间是：32 Ma－23.03 Ma＝

表 1　泌阳凹陷 B6 井地层分层的基本数据

Table 1　Basic data of strata classification in well B6, Biyang Sag

地层			底界/m	厚度/m	地震反射层	主要岩性和沉积标志特征	主要化石标志特征	其他基本数据
平原组								横坐标 Y:19695190.7 纵坐标 X:3613823.3 测井: B6_R25_90－2780.txt B6_SP_90－2780.txt
凤凰镇组								
			170		Tg			
廖庄组（上寺组）								
			468	298	T2			
核桃园组	一段		853					
				385	T3			
	二段		1 234		T41			
				381	T4			
	三段	核三 1	1 642	408	T52			
		核三 2	1 877	235	T53			
		核三 3	2 180	303	T55			
		核三 4	2 629	449	T5			
大仓房组			2 780 ▼			红层		
玉皇顶组	一段							
	二段							

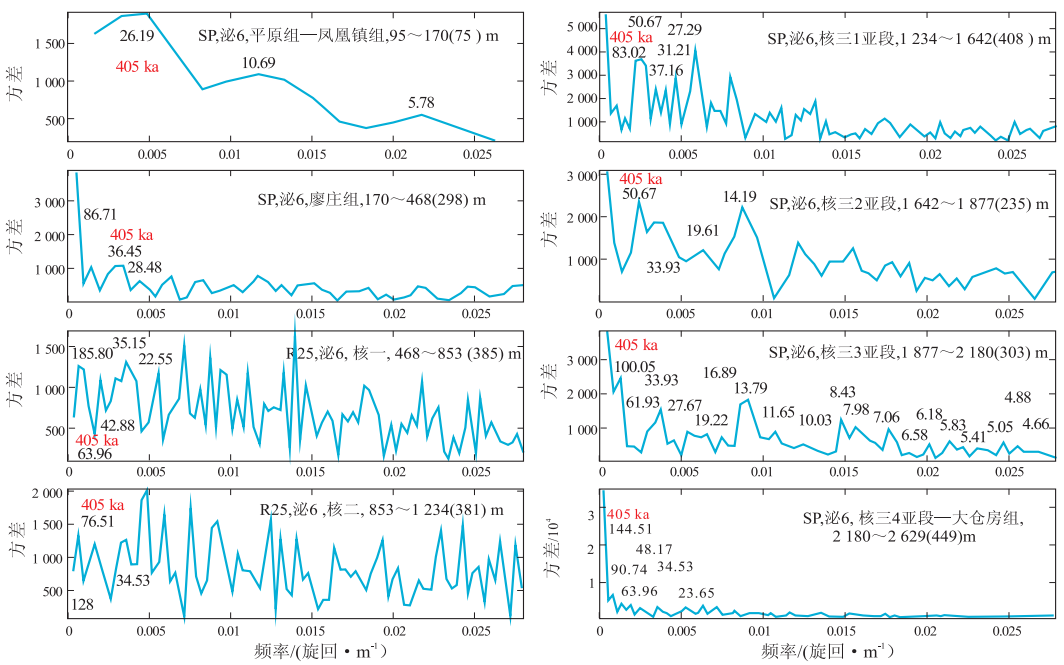

图 1　以泌阳凹陷 B6 井的谱图分析寻找出相应 0.405 Ma 周期中的最大优势旋回厚度

Fig. 1　Thickness of maximum dominant cycle in 0.405 Ma period, according to spectrogram analysis of well B6, Biyang Sag

8.97 Ma。因此,廖庄组全部地层沉积时间＝现有沉积地层时间＋剥蚀地层时间。也即,B6 井剥蚀掉的地层时间的计算公式为:全部地层沉积时间(8.97 Ma)－计算出现有地层间隔时间(3.311 Ma)＝5.659 Ma。因此,剥蚀厚度为:5.659 Ma/0.405 Ma×旋回 36.45 m＝509.3 m (图 2)。

2.2　核桃园组剥蚀量分析和计算

核桃园组剥蚀量计算比廖庄组的复杂一些。按古地貌和地震剖面分析,泌阳凹陷古近系是一个正地形的地区,在挤压应力作用下,新近系强烈抬升和剥蚀,造成现有古近系构造顶超(图 3)。根据从核四段底42.671 Ma到廖庄组顶23.03 Ma时间

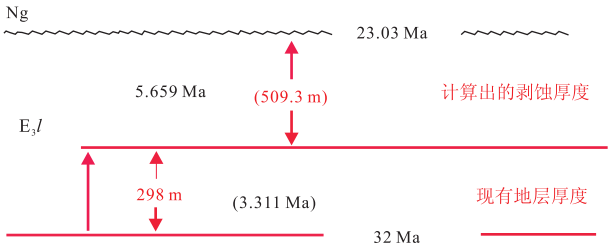

图 2　泌阳凹陷 B6 井
廖庄组的剥蚀时间和剥蚀厚度计算示意

Fig. 2　Denudation time and thickness of Liaozhuang Formation, well B6, Biyang Sag

的计算，认为沉积基本上是连续的，只是在中部凹陷带核二段/核一段之间有少于 0.5 百万年的剥蚀时间，特别是在较早期核三至核二段的沉积更为连续。按泌阳凹陷新生代地层表分析，古近系各组(段)沉积年龄为：核四段底 42.671 Ma；核三段底 40.866 Ma；核二段底 36.462 Ma；核一段底 34.464 Ma；廖庄组的现有底为 32 Ma。各组段的全沉积时间为：廖庄组现有沉积底 32 Ma 至 23.03 Ma，时间为 8.97 Ma；核一段现有沉积底 34.468 Ma 至 32Ma，时间为 2.468 Ma；核二段现有沉积底 36.490 Ma 至 34.464 Ma，时间为 2.022 Ma；核三段现有沉积底 40.951 Ma 至 36.490 Ma，时间为 4.461 Ma。为了说明廖庄组至核桃园组剥蚀量的计算方法，用凹陷北部斜坡带上的 W6 廖庄组、W3 核一段、B176 核二段和 Bq25 核三段等靠近的 4 口井的数据来进行分析(图 3)。图 3 可以反映 2 种计算数据：① 在地层顶超剥蚀面以下的地层(示意)，是现有沉积数据，也就是说，在目前现有各组(段)定义为‘现沉’数据来计算实际地层厚度转化为 40 万年的时间数据；②地层顶超剥蚀面，也即在凹陷古近系沉积后，E/N23.03 Ma 期间原沉积的地层开始上升，造成回剥(绿色‘现剥’和红色的‘全剥’)的时间数据，再转化为剥蚀厚度数据。

在实际计算中，首先要把‘现沉’这段地层测井曲线数据进行谱分析，寻找 0.405 Ma 周期中最大优势旋回的峰值。其方法参见上节 2.1.2 中 B6 井得到的数据来操作，得到的 0.405 Ma 的旋回：W6 廖庄组为 29.34 m；W3 核一段为 39.37 m；B176 核二段为 41.47 m 和 Bq25 核三段为 44.85 m。

然后，把图 3 现有顶超剥蚀面以下，如 W6 井的廖庄组地层厚度、0.405 Ma 的 29.34 m 旋回、全沉积时间、现有沉积时间和现有剥蚀时间等数据来计算，其计算的公式显示在表 2 中，计算出的数据为各组(段)顶超的剥蚀时间为 5.740 Ma 和剥蚀厚度为415.8 m。同样，用顶超剥蚀面上现有(蓝色

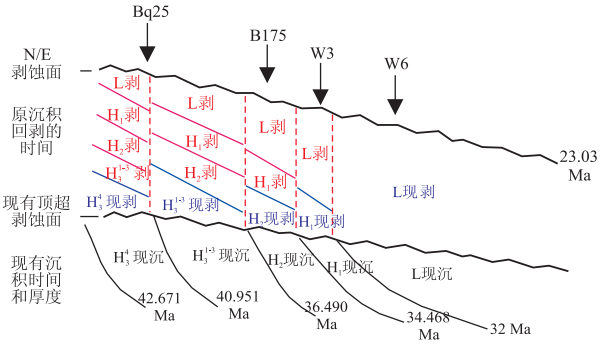

图 3　古新统/中新统(23.03 Ma) 前后
剥蚀时间和剥蚀厚度计算分析纵向示意

Fig. 3　Vertical schematic diagram of denudation time and thickness calculation when Paleocene turned to Miocene (23.03 Ma), Biyang Sag

‘现剥’)沉积数据计算出 W3 核一段剥蚀的时间为 1.069 Ma，剥蚀的厚度为 103.9 m；B175 核二段的剥蚀时间为 0.809 1 Ma，剥蚀厚度为 82.0 m；Bq25 核三段的剥蚀时间为 1.616 5 Ma，剥蚀厚度为 179.0 m。

最后，用图 3 中核桃园组中核一、核二和核三段的原沉积回剥(红色‘全剥’)数据来计算，得到 W3 井核一段的剥蚀厚度为 103.9 m，廖庄组全剥蚀厚度 649.8 m，该井总剥蚀厚度为 753.7 m；B175 井核二段剥蚀厚度为 82.0 m，核一段全剥蚀厚度为 250.3 m，廖庄组全剥蚀厚度 649.8 m，该井总剥蚀厚度为 982.1 m；Bq25 井核三段剥蚀厚度为 179.0 m，核二段全剥蚀厚度为 223.9 m，核一段全剥蚀厚度为 273.3 m，廖庄组全剥蚀厚度 649.8 m，该井总剥蚀厚度为 1 326.1 m(表 2)。

3　计算结果和分析

3.1　廖庄组剥蚀量数据分析

通过上节 2.1 论述的方法，对泌阳凹陷 76 口井(主要研究井的分布位置见图 4)廖庄组的剥蚀情况进行了计算。剥蚀时间范围大约 0.26～8.34 Ma，剥蚀厚度为 2.2～752 m。通过研究可知，位于泌阳凹陷东南部的 B169，B100，B93 和 B74 等井，剥蚀时间均小于1 Ma，廖庄组剥蚀厚度小于 100 m，其中 B169 井的剥蚀厚度最小为 2.2 m。也就是说，凹陷东南部廖庄组的沉积基本是齐全的，剥蚀量很小。但是，以 B169，B100，B93 和 B74 等井为中心，向凹陷的西、西北以及北部地区，廖庄组的剥蚀厚度逐渐增大，从 76 口井的计算结果看，B17 井附近廖庄组的剥蚀厚度约达到 752 m。

3.2　核桃园组剥蚀量数据分析

通过上节2.2方法计算，从核桃园组核一段向

表 2　泌阳凹陷北部斜坡带上 W6 等 4 口井的剥蚀厚度计算方法和结果

Table 2　Methods and results of denudation thickness calculation in 4 wells on northern slope of Biyang Sag

现有层位	井号	井深/m	厚度/m	0.405 Ma 的旋回/m	L 全沉积时间/Ma(底界—顶界时间)	现有沉积时间/Ma(厚度/旋回×0.405)	接触关系	L 剥蚀时间/Ma(全沉积时间—现有沉积时间)	L 剥蚀厚度/m(剥蚀时间/0.405×旋回)				
廖庄组	W6	220～454	234	29.34	8.970	3.230	顶超	5.740	415.8				
现有层位	井号	井深/m	厚度/m	0.405 Ma 的旋回/m	H_2沉积时间/Ma(底界—顶界时间)	现有沉积时间/Ma(厚度/旋回×0.405)	接触关系	W3 剥蚀时间/Ma(全沉积时间—现有沉积时间)	W3 剥蚀厚度/m(剥蚀时间/0.405×旋回)	L 全剥蚀厚度/m(8.97/0.405×旋回)	W3 剥蚀+L 全剥蚀厚度/m		
核一段	W3	212～348	136	39.37	2.468	1.399	顶超	1.069	103.9	649.8	753.7		
现有层位	井号	井深/m	厚度/m	0.405 Ma 的旋回/m	H_2沉积时间/Ma(底界—顶界时间)	现有沉积时间/Ma(厚度/旋回×0.405)	接触关系	B175 剥蚀时间/Ma(全沉积时间—现有沉积时间)	B175 剥蚀厚度/m(剥蚀时间/0.405×旋回)	L 全剥蚀厚度/m(8.97/0.405×旋回)	H_1全剥蚀厚度/m(2.468/0.405×旋回)	B175 剥蚀+(L+H1)全剥蚀厚度/m	
核二段	B175	192～315	123	41.07	2.022	1.213	顶超	0.809 1	82.0	649.8	250.3	982.1	
现有层位	井号	井深/m	厚度/m	0.405 Ma 的旋回/m	H_3沉积时间/Ma(底界—顶界时间)	现有沉积时间/Ma(厚度/旋回×0.405)	接触关系	Bq25 剥蚀时间/Ma(全沉积时间—现有沉积时间)	Bq25 剥蚀厚度/m(剥蚀时间/0.405×旋回)	L 全剥蚀厚度/m(8.97/0.405×旋回)	H_1全剥蚀厚度/m(2.468/0.405×旋回)	H_2全剥蚀厚度/m(2.022/0.405×旋回)	Bq25 剥蚀厚度+(L+H1+H2)全剥蚀厚度/m
核三段	Bq25	121～436	316	44.85	4.461	2.844	顶超	1.616 5	179.0	649.8	273.3	223.9	1 326.1

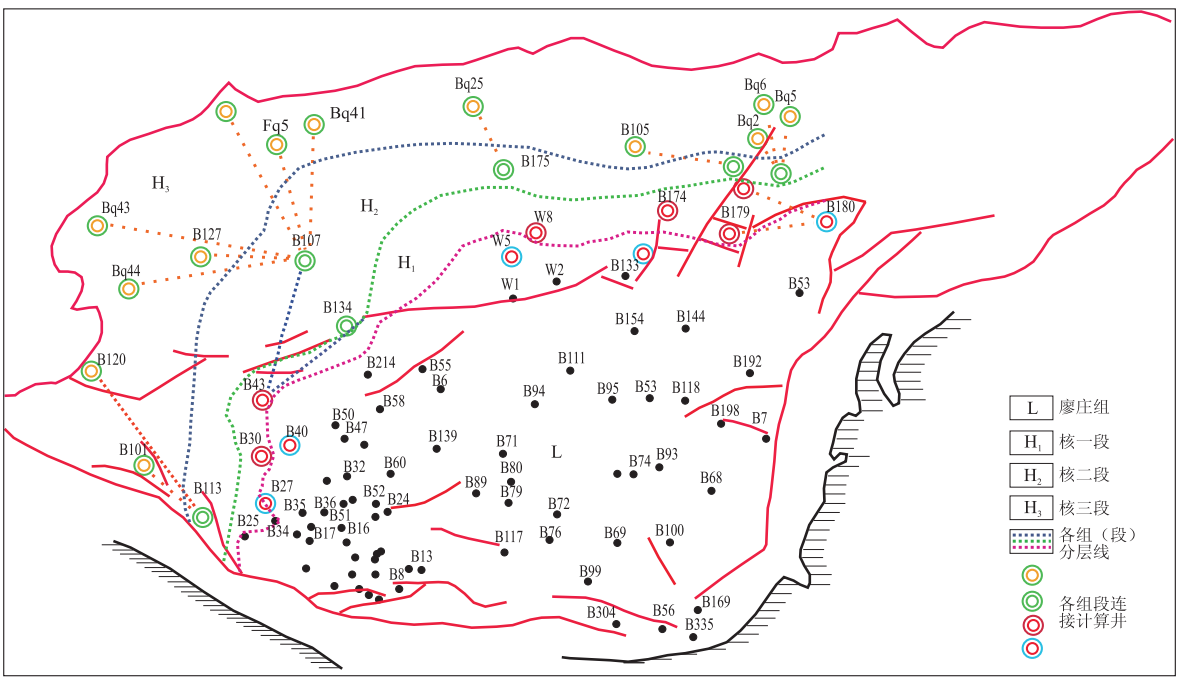

图 4　泌阳凹陷主要研究井各组(段)分层及连接计算井位置

Fig. 4　Strata classification of main study wells and location of linking calculation wells in Biyang Sag

核三段的剥蚀是逐步向西北退移，因此在计算中，例如，要计算北部的 Bq25 井核三段的剥蚀数据是用最靠近的 B175 井核二段的数据来代替，同样，用最靠近的核一段的 W3 井代替 B175 井的。最后，用廖庄组现有的和剥蚀的 W6 井的数据代替 W3 井的数据(图 4)。这样，24 口井核桃园剥蚀量数据分析列于表 3－5。

由表 3－5 和图 5 可见，核一、核二和核三段的剥蚀量依次分别向凹陷西、西北以及北部边缘方向增大。据各计算井的结果，核一段的剥蚀量小为几米，一般在 100 m 以上，最大为 196.6 m；核二段的剥蚀量小者为 42.9 m，一般在 100～250 m 之间，最大者为 258.6 m；核三段的剥蚀量主要介于 42.1～288.6 m 之间。核桃园组总的剥蚀厚度主要介于 4.1～666.5 m。

表 3　泌阳凹陷核一段谱分析、剥蚀时间和剥蚀厚度计算

Table 3　Denudation time and thickness calculation according to spectrogram analysis of 1st section of Hetaoyuan Formation, Biyang Sag

井号	井深/m	厚度/m	0.405 Ma 的旋回/m	H_1 沉积时间/Ma（底界—顶界时间）	H_1 现有沉积时间/Ma（厚度/旋回×0.405）	接触关系	H_1 剥蚀时间/Ma（H_1 全沉积时间—现有沉积时间）	H_1 剥蚀厚度/m（剥蚀时间/0.405×旋回）	相近 L 旋回数据	L 全剥蚀厚度/m(8.97/0.405×旋回)	H_1 剥蚀＋L 全剥蚀厚度/m
B179	193～434	241.0	40.22	2.468	2.427	顶超	0.041	4.1	B180_30.72	680.4	684.5
B174	199～388	189.0	31.72	2.468	2.413	顶超	0.055	4.3	W11_32.79	726.2	730.5
W3	212～348	136.0	39.37	2.468	1.399	顶超	1.069	103.9	W6_29.34	649.8	753.7
XQ28	110～144	34.0	33.35	2.468	0.413	顶超	2.055	169.2	B180_30.72	680.4	849.6
B30	144～251	107.0	37.06	2.468	1.169	顶超	1.299	118.8	B27_39.41	872.9	991.7
B43	147～255	108.0	37.16	2.468	1.177	顶超	1.291	118.4	B40_31.21	691.2	809.7

表 4　泌阳凹陷核二段谱分析、剥蚀时间和剥蚀厚度计算

Table 4　Denudation time and thickness calculation according to spectrogram analysis of 2nd section of Hetaoyuan Formation, Biyang Sag

井号	井深/m	厚度/m	0.405 Ma 的旋回/m	H_2 沉积时间/Ma（底界—顶界时间）	H_2 现有沉积时间/Ma（厚度/旋回×0.405）	接触关系	H_2 剥蚀时间/Ma（全沉积时间—现有沉积时间）	H_2 剥蚀厚度/m（剥蚀时间/0.405×旋回）	相近 H_1 旋回数据	H_1 全剥蚀厚度/m(2.022/0.405×旋回)	相近 L 旋回数据	L 全剥蚀厚度/m(8.97/0.405×旋回)	H_2 剥蚀＋（L＋H_1）全剥蚀厚度/m
B175	192～315	123.0	41.07	2.022	1.213	顶超	0.809 1	82.0	W3_39.37	196.6	W6_29.34	649.8	846.4
B184	136～813	677.0	163.1	2.022	1.681	顶超	0.340 9	137.3	B43_37.16	185.5	B40_31.21	691.2	876.8
Bq4	101～155	54.0	34.53	2.022	0.633	顶超	1.388 6	118.4	XQ28_33.35	1.66.5	B180_30.72	738.6	905.1
B131	131～259	128.0	51.8	2.022	1.001	顶超	1.021 2	130.6	XQ28_33.35	166.5	B180_30.72	738.6	905.1
B107	248～424	176.0	43.84	2.022	1.626	顶超	0.396 1	42.9	B43_39.37	196.6	B40_31.21	872.0	1 068.5
B113	144～159	15.0	38.63	2.022	0.157	顶超	1.864 7	177.9	B30_37.06	185.0	B27_39.41	820.8	1 005.8

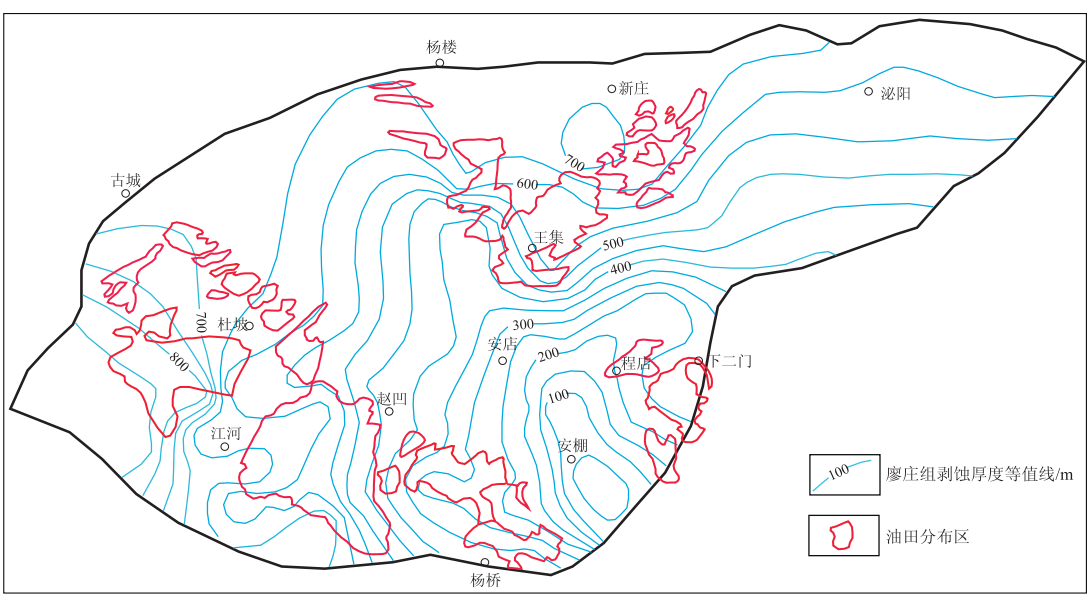

图 5　泌阳凹陷廖庄组剥蚀厚度等值线与油田分布对比

Fig. 5　Relationship between oilfield distribution and denudation thickness contour of Liaozhuang Formation, Biyang Sag

表 5 泌阳凹陷核三段谱分析、剥蚀时间和剥蚀厚度计算

Table 5 Denudation time and thickness calculation according to spectrogram analysis of 3rd section of Hetaoyuan Formation, Biyang Sag

井号	井深/m	厚度/m	0.405 Ma 的旋回/m	H_3 沉积时间/Ma（底界—顶界时间）	H_3 现有沉积时间/Ma（厚度/旋回×0.405）	接触关系	H_3 剥蚀时间/Ma（全沉积时间—现有沉积时间）	H_3 剥蚀厚度/m（剥蚀时间/0.405×旋回）	相近 H_2 旋回数据	H_2 全剥蚀厚度/m（2.022/0.405×旋回）	相近 H_1 旋回数据	H_1 全剥蚀厚度/m（2.468/0.405×旋回）	相近 L 旋回数据	L 全剥蚀厚度/m（8.97/0.405×旋回）	Bq25 剥蚀厚度+（L+H_1+H_2）全剥蚀厚度/m
Bq25	121～436	315.0	44.85	4.461	2.844	顶超	1.616 5	179.0	B175_41.07	205.0	39.37	196.6	29.34	649.8	1 230.4
Bq2	74～430	356.0	44.85	4.461	3.215	顶超	1.246 3	138.0	B131_51.80	258.6	33.35	166.5	30.72	680.4	1 243.5
Bq5	51～378	327.0	41.07	4.461	3.225	顶超	1.236 4	125.4	B131_51.80	258.6	33.35	166.5	30.72	680.4	1 230.9
Bq6	53～470	417.0	44.96	4.461	3.756	顶超	0.704 7	78.2	B131_51.80	258.6	33.35	166.5	30.72	680.4	1 183.7
B105	208～465	257.0	43.84	4.461	2.374	顶超	2.086 8	225.9	Bq4_34.53	172.4	33.35	166.5	30.72	680.4	1 245.2
Bq41	123～515	392.0	39.41	4.461	4.028	顶超	0.432 6	42.1	B107_43.84	218.9	37.16	185.5	31.21	691.2	1 137.7
B127	209～582	373.0	47.01	4.461	3.213	顶超	1.247 5	144.8	B107_43.84	218.9	37.16	185.5	31.21	691.2	1 240.5
Bq43	216～504.5	288.5	41.07	4.461	2.845	顶超	1.616 0	163.9	B107_43.84	218.9	37.16	185.5	31.21	691.2	1 259.5
Bq44	202～515	313.0	39.41	4.461	3.217	顶超	1.244 4	121.1	B107_43.84	218.9	37.16	185.5	31.21	691.2	1 216.7
B108	157～522	365.0	45.9	4.461	3.221	顶超	1.240 4	140.6	B113_38.63	192.9	37.06	185.0	39.41	872.9	1 391.3
B120	132～374	242.0	48.17	4.461	2.036	顶超	2.426 3	288.6	B113_38.63	192.9	37.06	185.0	39.41	872.9	1 539.3
Fq5	158～518	360.0	40.22	4.461	3.625	顶超	0.835 9	83.0	B107_43.84	218.9	37.16	185.5	31.21	691.2	1 178.7

另外，由表 3—5 可见，24 口研究井廖庄组的全剥蚀厚度主要介于 649.8～872.9 m。这样，结合前面 76 口井廖庄组剥蚀量的计算结果，对泌阳凹陷古近系/新近系不整合廖庄组的剥蚀量分布进行了成图并与油田分布对比（图 5），清晰呈现了泌阳凹陷廖庄组剥蚀量的分布特征，即由凹陷东南部安棚一带剥蚀量小于 100 m 处为中心，向凹陷西、西北以及北部边缘方向逐渐增大，至廖庄组缺失线附近，剥蚀厚度在 650 m 以上，局部大于 700 m，已知油田分布于剥蚀量大于 200 m 区。同时由表 3—5 和图 5 可见，在泌阳凹陷边缘古近系/新近系不整合的总剥蚀量在 1 000 m 以上，B120 井一带可达 1 539.3 m。

4 结论

米氏旋回地层学方法对泌阳凹陷古近系与新近系之间区域不整合面的剥蚀量计算结果表明：在凹陷的核心地区，仅廖庄组遭到剥蚀，凹陷东南部安棚一带剥蚀量小于 100 m，向凹陷西、西北以及北部边缘方向逐渐增大，至廖庄组缺失线附近，剥蚀厚度在 650 m 以上，最大剥蚀厚度可达 872.9 m；在凹陷边缘附近，核一段、核二段和核三段也向凹陷边缘依次遭受剥蚀，核桃园组的剥蚀厚度主要介于 4.1～666.5 m，总剥蚀量在 1 000 m 以上，凹陷西部 B120 井区总剥蚀厚度最大，为 1 539.3 m。泌阳凹陷已知油田分布于剥蚀厚度大于 200 m 地区。

参考文献：

[1] 张师本，沈后，曲新国，等. 中国油气区第三系（Ⅴ）鄂豫皖油气区分册[M]. 北京：石油工业出版社，1993：1—296.

[2] 关德范，王国力，张金功，等. 成盆成烃成藏理论思维：从盆地到油气藏[M]. 北京：石油工业出版社，2004：1—152.

[3] 李伟. 恢复地层剥蚀厚度方法综述 [J]. 中国海上油气（地质），1996，10(3)：167—171.

[4] 吴智平，李守军，周瑶琪. 地层间断面的时间结构研究进展[J]. 石油大学学报（自然科学版），1998，22(6)：119—124.

[5] 吴智平，史卜庆，周瑶琪，等. 济阳坳陷新老第三纪地层间断面研究[J]. 石油与天然气地质，1998，19(4)：313—317.

[6] 吴智平，韩文功. 济阳坳陷早晚第三纪沉积间断地层剥蚀量研究[J]. 中国海上油气（地质），2000，14(5)：320—323.

[7] 张一伟，李京昌，金之钧，等. 原型盆地剥蚀量计算的新方法：波动分析法[J]. 石油与天然气地质，2000，21(1)：88—91.

[8] 姚益民，徐道一，张海峰，等. 东营凹陷东辛 2—4 井上新世至全新世天文地层的研究[J]. 地层学杂志，2007，31(SⅡ)：458—469.

[9] Kent D V. Orbital tuning of geomagnetic polarity time—scales[J]. Phil Trans R Soc A：Mathematical，1999，357：1995—2007.

[10] 汪品先. 地质计时的天文“钟摆”[J]. 海洋地质与第四纪地质，2006(1)：1—7.

[11] 徐道一，韩延本，李国辉，等. 天文地层学的兴起[J]. 地层

学杂志，2006，30(4)：323－326.

[12] 徐道一. 天文地质年代表与旋回地层学研究进展[J]. 地层学杂志，2005，29(S)：635－640.

[13] 李前裕，田军，汪品先. 认识偏心率周期的地层古气候意义[J]. 地球科学——中国地质大学学报，2005，30(5)：519－528.

[14] 尹志强，韩延本，徐道一，等. 始新世以来地球轨道椭率的演化[J]. 地层学杂志，2007，31(SⅡ)：443－448.

[15] 徐道一，张海峰，韩延本，等，陆相沉积的天文地层研究方法简介：以井下地层为例[J]. 地层学杂志，2007，31(SⅡ)：431－442.

[16] 姚益民，徐道一，张海峰，等. 山东东营凹陷天文新生代地层表及其简介[J]. 地层学杂志，2007，31(SⅡ)：423－429.

[17] 姚益民，张海峰. "旋回地层学研究系统"(Version1.0)[J]. 地层学杂志，2007，31(SⅡ)：500.

（编辑　黄　娟）

欢迎订阅 2012 年《石油实验地质》

《石油实验地质》是一份报道我国油气普查、勘探及开发成果，反映我国石油地质研究水平的学术性、技术性刊物。本刊紧密结合我国石油工业的发展战略，以石油工业上游所涉及的油气勘探的热点、难点问题为重点进行报道和分析，同时重点报道国内外油气实验测试的最新技术和方法。本刊为中文核心期刊，已被美国"化学文摘(CA)"、俄罗斯"文摘杂志(AJ)"和"中国石油文摘"、"中国地质文摘"、"中国学术期刊文摘"所收录，是"中国科学引文数据库"、"中国学术期刊综合评价数据库"、"中国科技论文统计源"来源期刊，并全文收录于"中国期刊网"、"中国知网"、"万方数据"及"维普中文科技期刊数据库"中。

《石油实验地质》为双月刊，逢单月 28 日出版。每本定价 10 元，全年 60 元。在校学生半价优惠。

订刊汇款方式：

开户行：中国建设银行无锡分行营业部

帐　号：32001618636052502067

户　名：中国石油化工股份有限公司无锡实验地质研究所

邮局汇款：(214151)江苏省无锡市 916 信箱《石油实验地质》编辑部

订刊电话：(0510)83209032　　传真：(0510)83202742

电子邮箱：sysydz.syky@sinopec.com；网址：http://www.sysydz.net