

用微量元素研究胜利油田 东营盆地沙河街组的古盐度

李成凤 肖继风

(胜利油田地质科学研究所)

内容提要 本文利用硼、“相当硼含量”以及B/Ga和Sr/Ba比值,定性的划分了东营盆地沙河街组沉积时水的盐度。应用亚当斯和科奇公式计算了古盐度,表明该盆地北部地区沙四段盐度高达31%,其次是沙三段下部为24.3%,而沙三段中、上部及沙二段最低,分别为7%和8.2%,沙一段又上升到15%。

主题词 微量元素 东营盆地 沙河街组 古盐度 硼 相当硼含量

第一作者简介 李成凤 女 50岁 工程师 地球化学

一、前 言

在研究古盐度时,人们曾应用古生物或岩相分析等资料定性地确定沉积盆地古盐度的变化,但都不能取得定量的概念,目前国内开展古盐度的定量计算也比较少。

测定古盐度的方法有:(1)利用硼和粘土矿物数据计算古盐度的方法;(2)沉积磷酸盐方法;(3)应用标志盐度的微量元素的方法;(4)其他化学方法,包括测定间隙流体或液体包体含盐度的方法;(6)应用标志盐度的生物化石、岩石及矿物的方法。其中比较好的还是根据硼和粘土矿物计算古盐度,该方法近年来逐渐得到完善。1963年沃克尔(C. T. Walker)成功地把硼及伊利石含量与古盐度联系起来,为定量计算提供了基础,1965年亚当斯(T. D. Adams)开创了定量计算的新阶段,六十年代后期,该方法用于解决地质问题,七十年代以来,同时考虑到多种因素,使古盐度的计算精度大为提高,从而这一方法得到广泛承认。

东营盆地位于黄河口南侧,是济阳拗陷四个含油盆地之一,在早第三纪始新世为断陷构造盆地,以快速断陷为主,堆积了约5000—8000m厚的下第三系地层,其中暗色泥岩厚达1000—1500m,具有良好的生油层和储油层。为了了解东营盆地沙河街组各组段地层沉积时含盐度的变化,在盆地内取了四口井131块岩芯样品。地层自下而上为始新统(包括沙四段纯化镇组),渐新统(包括沙一、二、三段)。纯化镇组为滨海泻湖相暗色泥岩、灰岩及石膏岩盐沉积。沙三段中下部为深湖相暗色泥岩及油页岩沉积,到上部渐变为湖相三角洲沉积。沙二段为浅水湖泊——沼泽相沉积,河流三角洲广泛分

布。沙一段为滨海湖泊相泥岩、油页岩夹灰岩沉积。

本文着重利用硼的含量，定量地计算了各组段的古盐度，并配合其他微量元素含量和比值来阐明该区的古盐度特点。

二、样品处理方法

将样品粉碎，选取新鲜的岩心置于玛瑙研钵中，研磨至有滑腻感，然后将样品经碱熔融，用碳酸钡清除干扰元素，以亚氨基甲烷-H酸为显色剂，放置在暗处，过夜后，用72型分光光度计测定硼。

粘土矿物用D/max-RA型X射线衍射仪分析，其他微量元素用AA—610S型原子吸收测定。1:1盐酸溶解残渣，然后再用1:1盐酸稀释，加入三氯化钛，还原溶液中的高价铁，用醋酸丁酯萃取后，以空气-乙炔焰测有机层中的镓。

研究盆地的古盐度时选用硼，“相当硼含量”以及B/Ga比值等定性说明本区的盐度区间，同时结合粘土矿物资料，分别采取亚当斯和科奇方法，定量地计算古盐度。

三、用硼计算古盐度的原理

科奇(Coach, 1971)根据分析资料认为硼在海水中主要以硼酸及离解产物形式存在。当粘土矿物在含硼的水溶液里，溶液中的硼按下述三种结合方式转移到粘土矿物内：(1)硼被吸附到粘土矿物层上，即吸附作用；(2)可能由于静电作用硼被固定在层上，即固定作用；(3)由于硼本身的扩散作用被结合到粘土矿物的晶格中。总之，在一定条件下粘土矿物能很快的固定大量的硼，并不因溶液中硼的浓度降低而解吸。

实验证明，粘土矿物从溶液中吸收硼并将其固定，其数量与溶液中硼的浓度有关。在海水体系溶液中硼的浓度是盐度的线性函数，这两种关系结合起来，从而得出粘土矿物吸收硼是盐度的双对数函数，即佛伦德奇吸收方程， $\text{Log}B = C_1 \text{Log}S + C_2$ 。式中B为被吸收的硼(ppm)，S为水的盐度(‰)， C_1 和 C_2 为常数。这是计算古盐度的主要原理。该方程不仅对于海水体系(包括海陆过渡相)适用，对非海相沉积也有一定适用意义。

四、古盐度的定性定量方法

1. “校正硼含量”与“相当硼含量”

前面说到，水中硼含量与盐度存在线性关系，因此可用沉积物中的硼含量求得水体的含盐度。但沉积物中硼含量也受沉积物类型和矿物成分的影响，泥质沉积物的含量最高，不同粘土矿物从水中吸附硼的能力不同(图1)，以伊利石吸附硼最多。

为了能够根据伊利石进行硼的对比，沃克尔(T. D. Walker, 1963)，提出了“校正硼含量”与“相当硼含量”的概念。

校正硼含量 = $8.5 \times$ 吸附硼含量 / $K_2O\%$

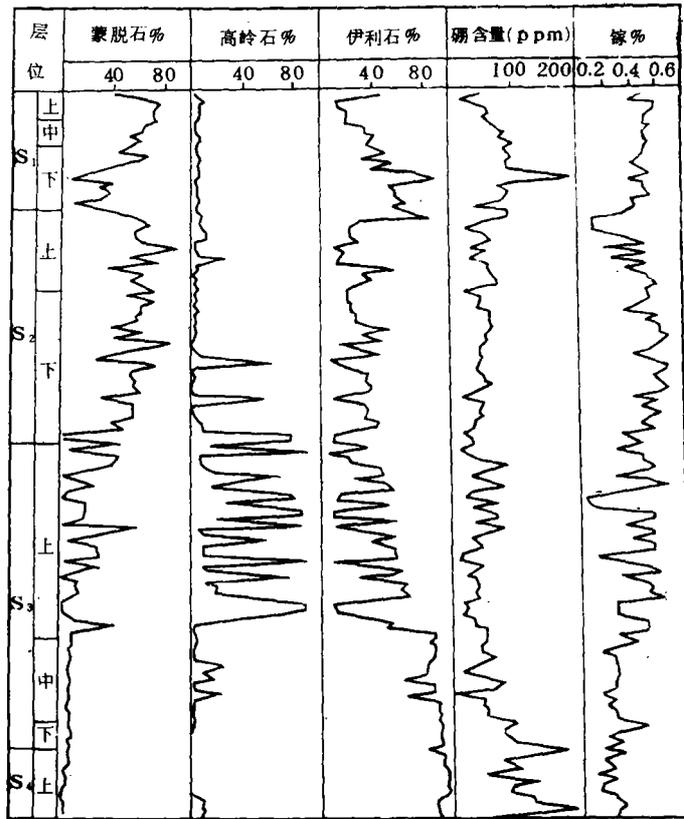


图1 东营盆地沙河街组岩石中粘土矿物与硼和镓的含量变化

Fig. 1 Distribution of the clay mineral data and boron, gallium values from rock samples in shahejie formation of the dongyiny basin

常数8.5是指岩石中没有其他含钾矿物时, 纯伊利石中 K_2O 的理论浓度, 即纯伊利石中的硼含量被称为“校正硼含量”实质上就是岩石中硼与钾的比值。沃克尔根据硼、钾含量的比值作出了一系列换算曲线, 叫“相当硼含量”的离散曲线, 即相当于 K_2O 含量为5%时的硼含量, 称为“相当硼含量”, 这种“相当硼含量”的值可作为古盐度的真正指标。

2. 古盐度的计算

按照公式 $LogB = C_1 LogS + C_2$ 的原理, 亚当斯(Adams)根据英国Dovey河口现代沉积资料提出: $Y = 0.0977X - 7.043$ 。式中Y为水的盐度; X为“相当硼含量”(ppm)。该方法适用于盐度范围较高(16—33%), 而且 K_2O 只以伊利石形式出现, 粘土矿物比较单一, 主要为伊利石。东营盆地沙四段, 从盐度定性指标或从盐度自生矿物资料初步认为盐度可能较高, 而且粘土矿物比较单一, 伊利石含量在91—98%之间, 所以此法适用于计算沙四段的盐度。

科奇(Couch)根据尼日尔河三角洲资料提出计算古盐度另一公式 $LogB_k = 1.28Sp$

+0.11, 式中 S_p 为古盐度, B_k 为高岭石吸附的硼, 考虑到粘土矿物对硼吸附能力的差异, 于是 $B_k = B/4 X_i + 2 X_m + X_k$ 。式中 B 为粘土矿物吸取硼的总量, X_i 、 X_m 、 X_k 分别为伊利石、蒙脱石和高岭石的重量百分数。该法适用于粘土矿物复杂, 盐度变化范围较广(从1.3—33%)的情况, 笔者用此法计算了除沙四段外的其他地层的盐度。

沙河街组各层段古盐度计算结果见表1。从表中的数据可看出: 以沙四段最高, 为31%, 接近于海水的盐度(海水盐度为35%); 其次是沙三段下部, 盐度达到24.3%; 沙三段中上部以及沙二段盐度最低, 分别为7%和8.2%; 而沙一段又回升到12.6%, 尤其沙一段下部高达15%。

表1 东营盆地沙河街组古盐度数据

Table 1 Data of paleosalinity in Shahejie Formation of the Dongying Basin

层 位	古 盐 度 值 %	
	变化范围	平均值
沙 一 段	10—15	12.6
沙 二 段	6—10	8.2
沙三段(中上)	6—10	7.0
沙三段(下)	20—26	24.3
沙四段(上)	28—32	31

五、结果与讨论

以硼为基础的古盐度定性及定量指标, 对探索东营盆地沙河街组各段地层的盐度是有成效的, 同时也证实了硼的含量变化不仅在海相沉积体系中与盐度有密切的关系, 而且在陆相盆地同样有这种关系。本文根据沙河街组古盐度区间的划分进行讨论。

1. 硼及“相当硼含量”的变化

沃克尔等在提出“相当硼含量”概念后, 认为“相当硼含量”在300—400ppm时为正常海相沉积, 200—300ppm时为半咸水沉积, <200ppm时为低盐度沉积环境。列别捷夫(Лебелев, Б. А., 1967年)提出了硼的含量变化范围, 淡水相为44ppm, 半咸水相为70ppm, 咸水相(海相)为102ppm。然而对这些数据范围只具有相对参考意义, 各个地区的地质条件不同, 可能不一定适合。表2为东营盆地沙河街组各层段分析结果。

由表2明显地看出, 东营盆地沙四段硼含量高达80—120ppm, 平均为113ppm; “相当硼含量”在360—400ppm之间, 平均为390ppm, 表明所分析的沙四段属于咸水沉积环境。而沙三段中上部和沙二段, 硼含量仅为41ppm和47ppm; “相当硼含量”分别为124ppm和131ppm, 属淡水沉积环境。除此而外, 沙三段下部和沙一段硼的含量低于沙四段, 分别为86ppm和81ppm, 相当于半咸水沉积环境。从“相当硼含量”值的变

表 2 东营盆地沙河街组硼和“相当硼含量”分析数据

Table 2 Analysis results of boron and equivalent boron in Shahejie Formation of Dongying Basin

层 位	硼 ppm		“相当硼含量” ppm	
	范 围	平 均 值	范 围	平 均 值
沙一段	60—100	81	120—250	195
沙二段	40—70	47	100—150	131
沙三段(中上)	40—70	41	100—150	124
沙三段(下)	75—104	86	300—350	322
沙四段(上)	80—120	113	360—400	390

化表明沙三段下部接近于咸水下限值,沙一段接近于淡水的上限值,将其视为过渡性质的沉积环境。从图 2 “相当硼含量”与古盐度关系来看,“相当硼含量”更能反映古盐度的指标。

2. B/Ga 比值

应用 B/Ga 比值资料,从另一个角度为认识古盐度提供了依据。硼、镓是化学性质显然不同的两个元素,硼酸盐的溶解度很大,能迁移较远,只有当水蒸发后才析出,而镓活动性低,在迁移途中极易沉淀,因而 B/Ga 比值随盐度增加而有可能增加,因此利用 B/Ga 比值来指示古盐度有可能更为灵敏。图 3 是该区沙河街组的 B/Ga 比值随古盐度的变化特点。

根据 B/Ga 比值与古盐度的关系,初步认为在研究区 B/Ga 比值小于 1.5 为淡水相; 1.5—3 为半咸水相; 大于 4—5 为咸水相。根据分析结果(表 3)沙四段比值最高,平均为 6.1 个别值可达 10 以上;沙三段下部和沙一段分别为 3.1 和 1.8;沙三中、上部和沙二段为最低值,其比值只有 1.3 左右。B/Ga 比值变化特征与硼、“相当硼含量”变化特征得到相似的结果。

3. Sr/Ba 比值

Sr/Ba 比值也可作为古盐度标志,因为锶比钡迁移能力强。在淡水湖泊中,水介质的酸性比较强,矿化度很低,锶、钡均以重碳酸盐的形式保留在湖水中,当湖水不断咸化,矿化度逐渐增高时,钡首先以硫酸钡形式沉淀出来,而锶只有当湖水或海水浓缩到一定程度后才产生硫酸锶的沉淀。因此锶的含量或 Sr/Ba 比值也可以作为盐度标志。图 4 是东营盆地沙河街组的 Sr/Ba 比值与古盐度关系,它不仅反映了锶与古盐度是正相关,钡与古盐度是负相关,而且表明用 Sr/Ba 比值是指示古盐度较好的指标。

东营盆地沙河街组 Sr/Ba 比值数据见表 3,其中沙四段 Sr/Ba 比值较所有其它层段都高,其值达到 1.95,表明盐度较高,其次是沙三段下部为 0.80 和沙一段为 0.59,其余层段最低,与其它盐度指标都具有有一致性。

综上所述,无论从定性或定量资料,都表明东营盆地沙四段沉积时盐度最高,水质最咸,属于咸水环境;沙三段下部和沙一段下部沉积时的水介质盐度具有过渡性质;而

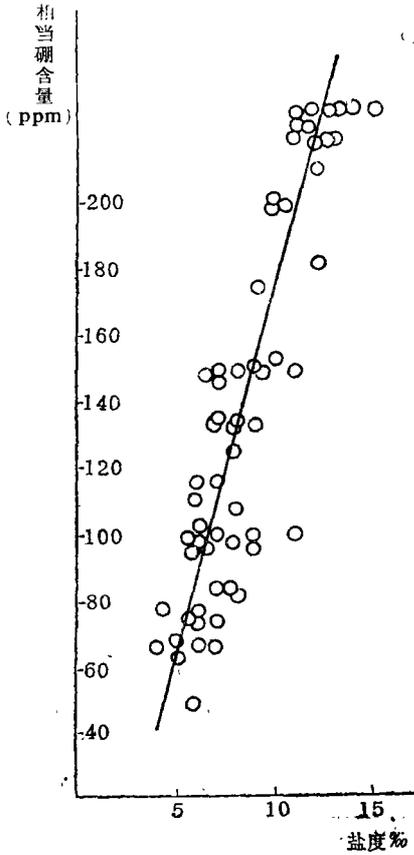


图 2 东营盆地沙河街组“相当硼含量”与古盐度关系图

Fig. 2 Relationship between equivalent boron and paleosalinity in Shahejie Formation, Dongying Basin



图 3 东营盆地沙河街组 B/Ga 比值与古盐度关系图

Fig. 3 Relationship between the ratio of B/Ga and paleosalinity in Shahejie Formation, Dongying Basin

表 3 东营盆地第三系 B/Ga、Sr/Ba 比值数据

Table 3 Data of B/Ga, Sr/Ba ratio in Lower Tertiary of the Dongying Basin

层 位	B/Ga 比值		Sr/Ba 比值
	比值范围	平均值	平均值
沙一段	1—3	1.8	0.59
沙二段	0.7—1.5	1.5	0.38
沙三段(中、上)	0.8—2	1.3	0.31
沙三段(下)	2.5—4.6	3.1	0.8
沙四段(上)	5—10	6.1	1.95

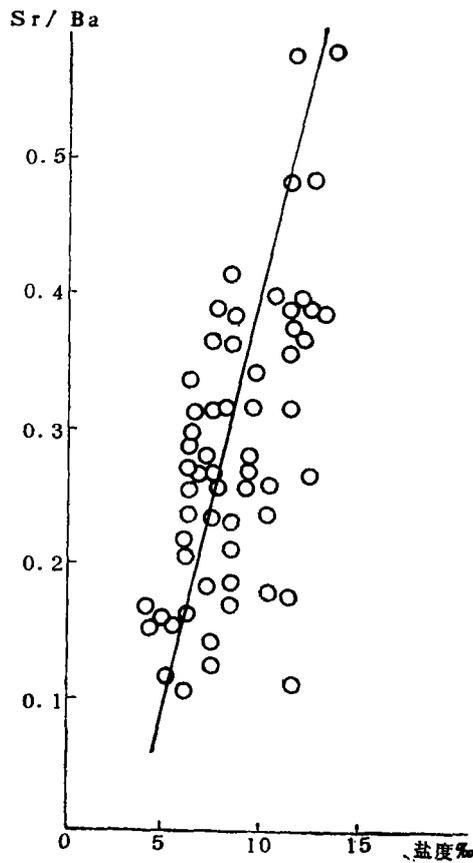


图 4 东营盆地沙河街组 Sr/Ba 比值与古盐度相关图

Fig. 4 Relationship between the ratio of Sr/Ba and paleosalinity in Shahejie Formation, Dongying Basin

沙三段中、上部与沙二段的水介质盐度最低，属于淡水至微咸水环境。

收稿日期1986年3月18日

参 考 文 献

- Adans, T.D., Haynes, J.R. and Walker, C.T., 1965, *Sedimentology* V. 4, p. 189-195.
- Couch, E.L., 1971, *Bull. Amer. Asscc. Pet. Geol.*, V. 55, p. 1829-1837.
- Walker, C.T. and Pricc, N.B., 1963, *Bull. Amer. Assoc. Pet. Geol.*, V. 47, p. 833-841.
- Walker, C.T., 1968, *Bull. Amer. Asscc. Pet. Geol.*, V. 52, p. 751-766.
- Лебецев, Б.А., 1967, Содоставление Морских и Глин по Соцержанию Малых Химических Элементов, *Геохимия*, №. 8

THE APPLICATION OF TRACE ELEMENT TO THE STUDY ON PALEOSALINITIES IN SHAHEJIE FORMATION OF DONGYING BASIN SHENGLI OILFIELD,

Li Chengfeng Xiao Jifeng

(Geological Research Institute of the Shengli Oil Field,
Shandong Province)

Abstract

In this paper, the authors measure the trace elements, such as B, Ga, Sr and Ba, from a total of 131 samples in 4 wells of Shahejie Formation of Lower Tertiary in the northern Dongying Basin with atomic absorption spectrophotometer.

Salinities of water as deposited in Shahejie Formation was specified qualitatively based on the content of boron with equivalent boron, the ratio of B/Ga as well as Sr/Ba. Paleosalinities have been calculated with the formulas Adans, T.D. and Walker, C.T. in accordance with the data of clay mineral analysis and the measured boron content. The results show that salinity in some strata of the fourth member of Shahejie Formation in the northern Dongying Basin gets as high as 31%, 24.3% in the lower part of the third member of Shahejie Formation, and 7% and 8.2% in the middle and upper part in the third member and in the second member respectively, whereas it runs up to 15% in the first member, particularly in the lower part of the first member of Shahejie Formation. The study is of quite significance both to the determination of sedimentary environment and the evaluation of the source rocks and reservoir in Lower Tertiary.