

利用硼作为古环境指标的探讨*

张 湘 君

(国家海洋局第二海洋研究所,杭州)

摘要 本文研究了东海 Ch₃ 沉积岩芯中硼的含量变化及其与粒度和有机碳的相关关系,并根据 Walker 等人提出的方法计算了“校正硼含量”、“相当硼含量”等,得出硼与有孔虫的资料吻合,在一定程度上反映了古环境和古盐度。

早在 1932 年, Goldschmidt 和 Peter 就提出利用硼作为泥质沉积物的古盐度指标。1945 年, Landergren 进一步肯定了这一观点,并阐明硼和沉积环境古盐度有直接关系, Frederickson 和 Reynolds^[3] 证明在现代海水中溶解的硼和盐度存在着相关性。Degens^[1] 等研究了宾夕法尼亚州页岩,提出海相页岩比淡水页岩含有更高的硼。Walker^[7,8] 用硼作古盐度指标进行了研究,阐明硼主要结合在伊利石中,将伊利石中硼含量称为“校正硼含量”,认为这可更好的反映古盐度;并提出用“相当硼”定量地测古盐度。后来有很多学者支持以上观点,认为泥质沉积物中的硼含量可以作为古盐度的指标,然而也有一些学者则持不同意见,如 Shimp 等^[6] 提出控制硼含量的主要因素是沉积物粒度, Levinson 和 Ludwick^[5] 阐明现代三角洲沉积物中的硼含量随着向海方向粘土矿物增加而增加, Dewis 等^[2] 研究现代三角洲,发现淡水三角洲沉积物中硼含量基本与海水三角洲一致, Harder^[4] 讨论了各种沉积物粒度和矿物中的硼含量,阐明硼在每一类沉积物和矿物中含量变化范围都很大,很难得出可靠的平均值,并认为除盐度外,影响硼含量的其它因素还很多,因此硼不是一个好的指相元素。

本文主要试图查明 Ch₃ 沉积柱样中硼与沉积物粒度、硼与有机碳的关系,并对硼作为古环境指标问题进行了探讨。

一、样品位置、分析方法和结果

1. 样品位置

所有样品均采自 Ch₃ 岩芯,该岩芯位于浙江台州湾东部海域 E 121°59'39", N 28°35'22", 水深 16.5m; 岩芯总长 81.14m。取样层位既考虑到柱状沉积物的颜色、结构和构造,又考虑到间隔距离,全柱自上至下共取 36 个样,样品位置见图 1b。

2. 分析方法

沉积物中硼用磷酸、氢氟酸消化,氟硼酸根离子选择性电极测定。有机碳用重铬酸

* 文中硼的分析有郑莉萍同志参加,有孔虫资料由陈荣华同志提供,有机碳和钾由本所八室分析,沉积物粒度由三室提供,谨此致谢。

收稿日期: 1986 年 10 月 18 日。

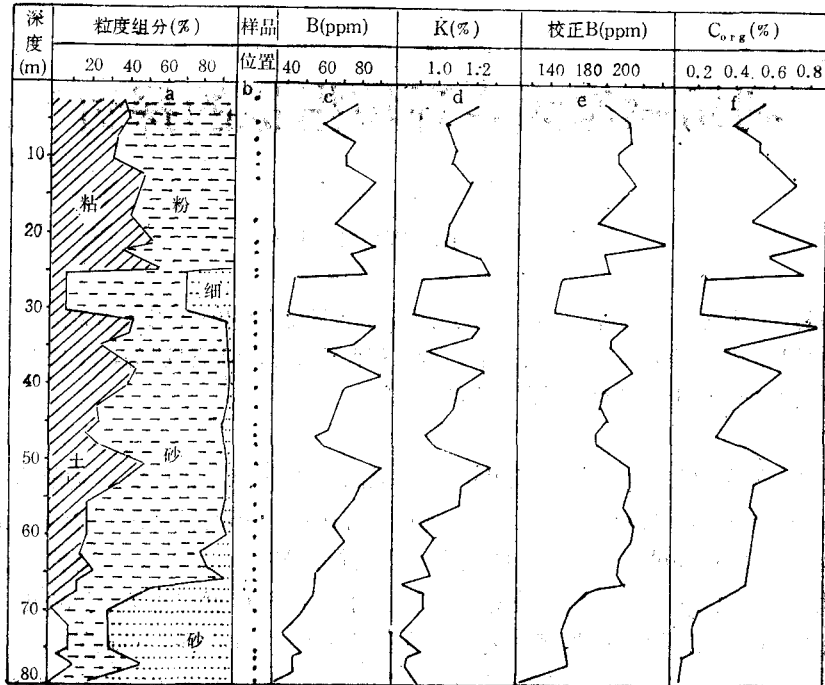


图1 柱状沉积物中硼、钾及有机碳的含量

Fig. 1 The contents of boron, potassium and organic carbon in sediment core

钾、硫酸氧化及硫酸亚铁还原容量法测定,钾用原子吸收测定。

3. 分析结果

柱状沉积物中硼含量范围在 31—94ppm 间,平均为 67ppm,其垂向分布如图 1c; 粒度组分,钾、有机碳的含量及垂直分布分别见图 1a, d, f。

二、讨论

1. 硼与沉积物粒度的关系

Ch₅ 柱状沉积物中的沉积类型主要可分为 3 类,即粉砂质粘土、粘土质粉砂及粉砂质细砂。其剖面分布见图 1a。现根据沉积物的不同类型分别统计其中含硼量的变化范围及平均值,并列于表 1。

表 1 各类型沉积物中硼含量的变化范围及平均值

Tab. 1 The average value and variational range of boron content in different sediments

沉积物类型	样品数	硼含量变化范围 (ppm)	硼含量平均值 (ppm)
粉砂质粘土	4	84—92	88
粘土质粉砂	24	42—94	70
粉砂质细砂	8	31—51	44

由表 1 可见,硼含量的变化趋势是,沉积物粒度由粗到细,硼含量则由低到高。由硼和粘土的垂向剖面图(图 1a 和图 1c)可看出两者的变化极相似,进一步作沉积

物中硼含量与粘土含量的相关图(图 2), 可见硼含量随粘土含量增高而增高, 呈明显的正相关, 其相关系数 r 为 0.82, 一元线性回归方程为:

$$B(\text{ppm}) = 44 + 0.76 \text{ 粘土}(\%)。$$

硼在粘土中富集的原因, 一般认为主要是由于粘土粒级细、表面积大, 因此吸附能力强。Harder 等^[4]曾做过实验, 用含硼溶液处理各种粘土, 认为云母和伊利石特别容易从溶液中吸取硼。吸取硼的量取决于溶液中硼的含量、盐度、温度、处理时间、粘土表面积及结晶程度等因素。

另外, 从以上的线性方程可看出: 当沉积物中粘土为零时, 仍存在 44ppm 的硼。事实也是如此, 在柱样 70—72m 及 80m 处, 有 3 个样品均不含粘土, 而硼含量在 31—49ppm 间, 平均为 40ppm, 这意味着这些硼不与粘土相联系, 而存在于粉砂及细砂中。很多学者认为, 在粗粒级中含硼量最高的是电气石。这部分硼, 估计主要是从以前的沉积旋回中继承下来的, 是由物源区决定的。

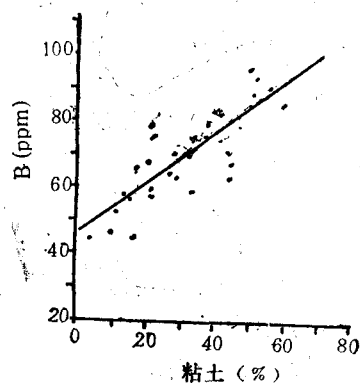


图 2 硼和粘土间的相关性

Fig. 2 The Correlation between boron and clay

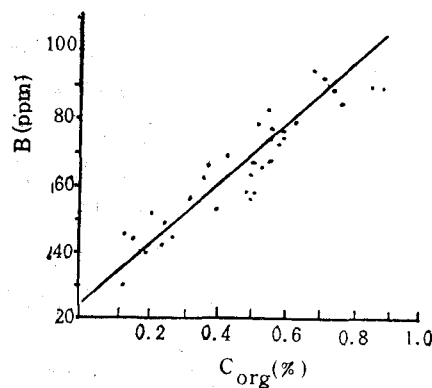


图 3 硼和有机碳的相关性

Fig. 3 The Correlation between boron and organic carbon

2. 硼与有机碳的关系

海洋沉积物中的有机碳是有机质的主要组成部分, 它主要来源于海洋生物。许多海洋生物都含有相当量的硼, 它们死后, 一部分成为生物碎屑沉降到海底, 在细粒沉积物中特别不易被氧化而得以保存下来; 另一部分有机质溶解于水溶液中。Bader (1962) 实验研究表明: 某些粘土矿物能很快很强地从溶液中吸取溶解的有机质, 吸取的量直到相当于本身体积的 350%, 这种有机物与粘土矿物有很牢固的键结合, 一般很难冲洗除去; 他的定量研究表明: 这类有机质是沉积物中有机质的主要部分。

我们的资料表明: 测定的硼含量(图 1c) 与有机碳的含量(图 1f) 在垂向上的变化趋势颇为一致, 进一步作硼与有机碳的散点图(图 3), 可见硼含量随有机碳含量增加而增加, 呈极明显的正相关, 经统计, 其相关系数 r 为 0.92, 一元线性回归方程为:

$$B(\text{ppm}) = 90.9C_{\text{org}} + 23.6。$$

有机碳的剖面与粘土的剖面(图 1a) 比较, 两者也极为相似, 这说明硼、有机碳和粘土含量三者成正相关, 为此, 可以认为有机碳所造成的氧化还原环境是有利于粘土对硼的吸

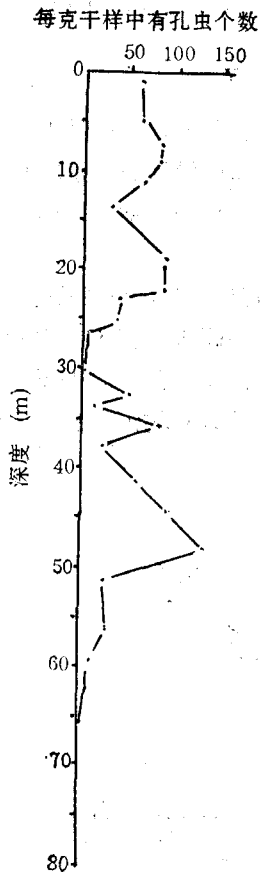


图 4 有孔虫的含量
Fig. 4 The content of Foraminifera

伊利石中的硼含量被称为“校正硼含量”，则

$$\text{“校正硼含量”} = \frac{8.5}{K_2O\%} \times \text{“测得硼含量”}。$$

表 2 不同沉积相中“测得硼含量”及“校正硼含量”的平均值

Tab. 2 The average value of the measured and adjusted boron content in different sedimentary facies

柱状深度 (m)	沉积相	样品数	“测得硼含量”平均值 (ppm)	“校正硼含量”平均值 (ppm)
0—25	浅海沉积相	10	78	237.8
25—31.5	河口滨岸相	2	44	167
31.5—66	浅海沉积相	17	72	237.6
66—80	河流相	7	45	178

附。

3. 柱状沉积物中硼含量对古环境指示意义的探讨

(1) 有孔虫资料及对古环境的划分

每克沉积物中有孔虫的总量分布见图 4。根据有孔虫的数量分布及属、种变化，将该柱状沉积物划分为 4 层(自下而上)。

第 4 层 (80—66m)，有孔虫含量甚低，50g 干样中，有孔虫数量仅几枚或十几枚，有的样品未见有孔虫及其它海相化石。本层被认为是稍受海水影响的河流相。

第 3 层 (66—31.5m)，有孔虫含量丰富，50g 干样中高达 11 000 枚，平均为 3000 枚。本层水深曾发生过浅—深—浅的变化，被划为浅海沉积相。

第 2 层 (25—31.5m)，被定为河口滨岸相沉积。

第 1 层 (25—0m)，为浅海相沉积。

(2) 硼含量与古环境的关系

“测得硼含量”与古环境的关系：根据有孔虫资料划分的沉积相，分别统计其中“测得硼含量”的平均值，结果(表 2)表明，“测得硼含量”在浅海沉积相高于河流相及河口滨岸相。

“校正硼含量”与古环境的关系：Walker 和 Price 认为，沉积物中“测得硼含量”与伊利石的比值具有较好的指相意义。伊利石含钾平均为 8.5%，假如沉积物中其它含钾矿物不存在，则伊利石含量可根据钾含量求得：

$$\text{伊利石含量} = \frac{K_2O\%}{8.5}。$$

Y
E

据此计算了 Ch_5 柱状沉积物的“校正硼含量”(见图 1e), 以该剖面与“测得硼含量”剖面比较, 可见两者的变化趋势基本相似, 但“校正硼含量”的剖面较为平滑。另外, 不同沉积相中“校正硼含量”的平均值(表 2) 同样表明浅海沉积相高于河流相和河口滨岸相。

“相当硼含量”与古环境的关系: Walker 和 Price (1963) 提出, 在相同古盐度环境, 恒定颗粒大小的伊利石中硼与钾有一相反的关系, 因此作者根据不同沉积环境中“校正硼含量”与钾的资料作了一系列换算曲线, 由此可查得相当于 K_2O 为 5% 时的硼含量, 称为“相当硼含量”。这种“相当硼含量”值与古盐度相关关系更好, 当“相当硼含量”为 300—400ppm 时是正常海相; 为 200—300ppm 时, 是半咸水沉积; 小于 200ppm 时是不适于正常海洋水生物生活的低盐度环境。这种曲线受沉积颗粒的影响不大, 对全岩分析, 特别是页岩都能给以明显的划分。

根据已公布的“计算相当硼含量的偏离曲线”^[8], 计算了 Ch_5 柱样中的“相当硼含量”, 其结果列于表 3。

表 3 Ch_5 柱样中“相当硼含量”的计算结果

Tab. 3 The computed results of the equivalent boron content in Ch_5 sediment core

柱状深 (m)	沉积相	“相当硼含量” (ppm)	柱状深 (m)	沉积相	“相当硼含量” (ppm)
2.7—3.0	浅海沉积相	175—200	45.5—45.8	浅海沉积相	175—200
5.0—5.3	浅海沉积相	175—200	46.6—46.8	浅海沉积相	175—200
7.2—7.5	浅海沉积相	200—225	48.0—48.3	浅海沉积相	175—200
9.2—9.5	浅海沉积相	200—225	50.0—50.3	浅海沉积相	225—250
10.1—10.4	浅海沉积相	200—225	53.0—53.3	浅海沉积相	200—225
13.0—13.3	浅海沉积相	200—225	55.5—55.8	浅海沉积相	200—225
18.5—18.8	浅海沉积相	175—200	57.7—58.0	浅海沉积相	200—225
21.5—21.8	浅海沉积相	200—225	59.7—60.0	浅海沉积相	200—225
22.5—22.7	浅海沉积相	175—200	62.4—62.6	浅海沉积相	200—225
24.7—25.0	浅海沉积相	175—200	64.3—64.7	浅海沉积相	200—225
25.3—25.6	河口滨岸相	125—150	65.7—66.0	浅海沉积相	175—200
30.0—30.5	河口滨岸相	125—150	66.4—66.7	河流相	150—175
31.7—32.0	浅海沉积相	200—225	70.0—70.3	河流相	125—150
33.1—33.4	浅海沉积相	175—200	72.2—72.5	河流相	125—150
35.0—35.3	浅海沉积相	175—200	74.0—75.0	河流相	125—150
38.0—38.3	浅海沉积相	200—225	75.0—75.3	河流相	125—150
40.0—40.3	浅海沉积相	175—200	76.5—76.8	河流相	125—150
43.0—43.3	浅海沉积相	175—200	80.0—80.3	河流相	100—125

由表 3 可见, 经过处理的“相当硼含量”在柱状沉积物中的变化还是比较有规律的, 在 0—25m 及 31.7—66m 沉积物中, “相当硼含量”都大于 175ppm; 而在 25.3—31.5m 及 66—80m 的沉积层中, “相当硼含量”都小于 175ppm。根据有孔虫资料, 前者是浅海沉积相, 后者是河口滨岸相及河流相沉积。Walker 认为正常海洋生物生活的界限是“相当硼含量”大于 200ppm, 而本资料表明是 175ppm, 这可能是由于该地区沉积速度较快, 影响了沉积物对硼的吸收, 致使硼含量较低而引起的。

综上所述, 在该柱状沉积物中, 不论“测得硼”、“校正硼”还是“相当硼”的含量, 在浅海

沉积相中均高于河流相及河口滨岸相。这表明硼与有孔虫的资料相吻合,同时表明硼在一定程度上反映了古环境和古盐度。然而影响硼含量的因素很多,在该柱状沉积物中,浅海沉积相的沉积物粒度普遍都比河流相及河口滨岸相细。无疑这也是影响硼含量分布的因素之一。所以笔者认为,若利用硼作为古环境和古盐度指标,最好能结合其它方法同时进行。

参 考 文 献

- [1] Degens, E. T., E. G. Williams and M. L. Keith, 1957. Environmental studies of carboniferous sediments. Part 1 Geochemical criteria for differentiating marine and fresh-water shales. *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.* **41**: 2427—2455.
- [2] Dewis, F. J., A. A. Levinson and Bayliss, 1972. Boron-Salinity-Clay mineralogy relationships in modern deltas. *Geochim. Cosmochim. Acta.* **36**: 1359—1375.
- [3] Frederickson, A. F. and R. C. Reynolds, 1960. Geochemical method of Determining Paleosalinity. *Clay and Clay Minerals.* V. S. pp. 203—213.
- [4] Harder, H., 1970. Boron content of sediments as a tool in facies analysis. *Sediment Geol.* **4**: 153—175.
- [5] Levinson, A. A. and J. C. Ludwick, 1966. Speculation on the incorporation of Boron into argillaceous sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta.* **30**: 855—861.
- [6] Shimp, N. F., J. Witters, P. E. Potter and J. A. Schleicher, 1969. Distinguishing marine and freshwater muds. *Journ. Geol.* **77**(5): 566—580.
- [7] Walker, C. T., 1962. Separation techniques in sedimentary geochemistry, illustrated by studies of Boron. *Nature, Lond.* **194**: 1073—1074.
- [8] Walker, C. T. and N. B. Price, 1963. Departure curve for computing paleosalinities from Boron in illites and shales. *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.* **47**: 833—841.

STUDY OF BORON AS A PALEOENVIRONMENTED INDICATOR

Zhang Xiangjun

(Second Institute of Oceanography, SOA, Hangzhou)

ABSTRACT

A total of (36) samples were taken from sediment core Ch₃ located in Zhejiang 28°35'22'' N, 121°59'39''E. The length of the sediment core is 81.14 m. The boron, palassium, organic carbon and their grain size in sediments were determined. The results are shown in Fig. 1. The content of boron ranged from 31 to 94 ppm, with an average value of 67 ppm. The boron content is richer in finer grained sediments than in coarsed ones, and it is correlated with the amount of clay. The correlation coefficient between them is 0.82. The regression equation is $B_{(ppm)} = 44 + 0.76 \text{ clay}(\%)$. The boron content is correlated with the amount of organic carbon too, the correlation coefficient between them is 0.92. The regression is $B_{(ppm)} = 90.9C_{org} + 23.6$.

The sediment core was divided into shallow sea facies, river facies and river mouth facies on foraminifera data. Boron content, including "analytical boron", "adjusted boron" and "equivalent boron", were richer in shallow sea facies than in river and river mouth facies. This implies that the boron content of sediments does reflect the paleoenvironment and paleosalinity to a certain degree, and it can be used as an indicator of paleoenvironment. However, many factors affect the boron content of sediments. Therefore we think that it had better use boron content as an indicator of paleoenvironment in conjunction with other methods.