

关于沉积物中硼、镓含量划相指标的探讨

孙镇城^①

曹春潮

梁新献 许 坤

(石油大学北京) (青海石油管理局勘探开发研究院) (辽河石油勘探局勘探开发研究院)

提 要

依据粘土中微量元素硼含量、硼／镓比或应用硼—镓关系图划分海相、陆相的实际工作中已暴露颇多矛盾。作者对我国西部第三系陆相含盐沉积与现代盐湖底质泥样含硼量和硼／镓比的研究，也证明了这个指标不能区分海相与盐湖相，并认为应用该指标会影响到中国第三纪海侵研究的准确性。

根据我国青藏高原盐湖及温泉含硼量研究的新成果，从机理上说明了为什么许多盐湖含硼量显著高于海洋的原因。

主题词：粘土矿物 微量元素 沉积环境 海相沉积
陆相沉积 湖泊沉积 硼 镓

一、前 言

近年来，某些微量元素指标在研究沉积环境方面已开始进行探讨并付之应用，但是出现了一个问题，只注意了海相与淡水湖相的区别，忽视了海相与盐湖相异同的研究。硼(B)含量、硼／镓值(B/Ga)、B-Ga关系图是研究海相、陆相时常被人们采用的微量元素方法之一，这一方法就其指相意义问题，有必要作一讨论。

二、盐度指标不能笼统作为区分海、陆相指标

应用海相和淡水湖相沉积物中B含量来探讨沉积环境，正在进行着有益的探索，取得了一定进展^[1, 2, 3]。分析资料表明，海水中B含量与海水的盐度呈线性关系(Couch 1971)，而沉积物中B含量和水介质中B含量有关。因此，大多数沉积物中B的含量反映了水介质的盐度。在正常情况下，海相泥质物中B的含量高于淡水相泥质沉积物中B的含量，美国和我国的一些实验数据证明了这一点。这就是沉积物中B含量可以作为古盐度指标的基本依据^[1]。但是，在实际应用中这一指标被扩展为判断海相或陆相的指标，有的被编进了教科书。

有的应用P.Walker(1963)的资料，认为“相当硼含量”在300~400ppm为正常海相，

^①本文为孙镇城在辽河油田期间的工作成果。

200~300ppm 为半咸水相, 小于 200ppm 为淡水相, 或认为粘土中含 B 量 100 或 120ppm 为海相, 小于 80ppm 为陆相, 80~120ppm 为海陆过渡相等。但是, 在研究柴达木盆地第三系的沉积环境时, 产生了明显的矛盾现象。古、始新统至上新统八个组段的 191 块样品中, 就有六个组段的 B 含量平均值都超过了 110ppm; 富含半咸水介形类 *Cyprideis* 的上油砂山组, 毫无争议是富含膏盐的陆相沉积, 34 块泥岩样品中, 有 21 块 B 含量在 120ppm 以上, 其中南翼山地区的 5 块样品, 都在 300~400ppm 之间。青海石油管理局钱凯、石惠诚在柴达木盆地尕斯库勒盐湖所取的三个湖底泥样中平均含 B 量达 481ppm, 提供了揭示出上述矛盾的实验数据, 引起了人们对这一指标含义的思考。

据中国科学院盐湖研究所资料介绍, 中国西部现代盐湖水中 B 含量可以比海水高出数十倍甚至数百倍(表 1), 这就是说并非只有海洋水能富集 B 元素, 在大陆水体之一的盐湖水中 B 元素也可以高度富集。目前, 在柴达木盆地的六个地区发现了钠硼解石、柱硼镁石等 13 种沉积硼酸盐矿物⁽⁷⁾, 并已成为我国重要硼矿开采基地。周仰康曾指出: 海相沉积物的 B 含量均大于淡水湖相沉积物, 前者一般都大于 120ppm, 后者多数小于 80ppm, 西藏北部 18 个咸化湖沉积物的 B 含量明显高于淡水相, 高达 160~500ppm, 都达到甚至超过正常海相沉积物的 B 含量⁽¹⁾。因此, 我们认为 B 含量指标作为海、陆相标志的理论依据是不充分的, 应用该标志容易将内陆盐湖相混同为海相, 进而引起对地史时期海侵事件不够全面的判断。

表 1 中国西部现代盐湖与海洋水 B 含量表

Table 1 The Boron Contents in the Water Modern Salt Lakes
in the West Part of China and those in the Ocean

		矿化度 g/l	B 含量 mg/l	B 含量为海 洋水倍数	资料来源
海洋水		35	4.6		
青海柴达木盐湖卤水		平均 252.56	平均 340.7	54.9	(4)
西藏盐湖卤水		50~350	541.8	117.8	(5)
新 疆	达坂城西盐湖 湖表水	275.54	1539	344.6	(6)
	若巴色诺尔湖 湖表水	200	272.2	59.2	(6)

有的论著提出: 海成粘土(或泥岩)中 B 的含量高, 大陆或淡水泥岩和页岩中 Ga 较为富集⁽⁸⁾, 提出沉积物中 B/Ga 的海、陆相区别指标: 海相沉积物 B/Ga 一般大于 4.2 或 4.5~5, 陆相则小于 3.3, 过渡相或曾受海水影响的陆相介于二者之间。同样道理, 也有主张应用 E.T.Degens 所作美国宾夕法尼亚州西部石炭纪页岩中 B—Ga 含量关系图的海、陆相分界线来划分我国第三系海相和陆相(图 1)。据此我们又计算了 185 块样品的 B/Ga, 并作了下干柴沟组下段至上油砂山组六个组、段的 B—Ga 含量关系图。结果, 多数样品的 B/Ga 在 5 以上, 全部 B/Ga 平均值为 10.43, 大大超过了海相沉积物为 4.2 这一下限指

标；在 B—Ga 含量关系图上，164 个数值中竟有 135 个落在海陆分界的海相一边，前已述及的上油砂山组其数值落在海相一边的也占 $3/4$ 以上（图 2）。尕斯库勒盐湖湖底泥样的 $B/Ga = 481/4 = 120.3$ ，远远超过了 4.2 这一“海相”标准；渤海湾盆地黄骅地区 B/Ga 达“海相”标准者有沙四段、沙二段、沙一段、东三段。众所周知，沙二段全是陆相化石群，是无争议的陆相沉积；明显持海侵观点的鱼类化石研究结论，东营组也没有海水影响，发现的是典型的淡水鲤科化石。

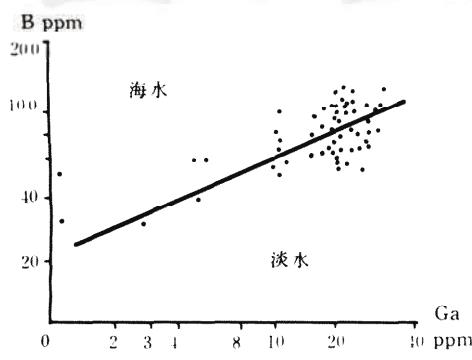


图 1 莆宁组二段 B—Ga 关系图
(据严尚钦等 1979 简化)

Fig 1 Relationship between boron and gallium in the second member of the Funing formation

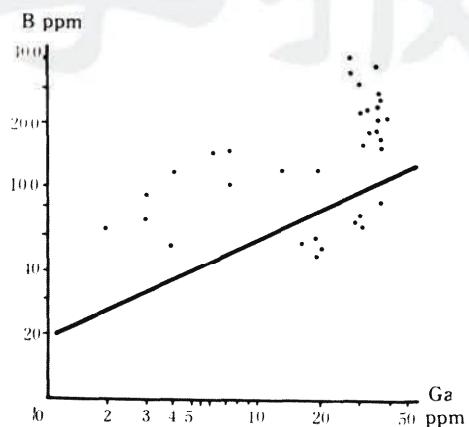


图 2 上油砂山组 B—Ga 关系图

Fig 2 The relationship between boron and gallium of the Upper Youshashan formation

上述种种无法解说的矛盾现象，引起了我们对 B 含量、 B/Ga 、B—Ga 关系这一类海陆相标志的认真思考。据文献调查，在确定这类标准时，仅选择测定了两个类型的样品：(1) 现代和古代海相沉积物；(2) 现代和古代淡水湖相沉积物；缺少了第三种类型，即现代和古代内陆盐湖沉积物的测定。盐湖和淡水相的区别标志，是基于水介质的不同盐度之上的，而盐度升高，并不意味着海水的影响。这类海陆相区别标志不具有普遍意义，易于造成人们非此即彼的错觉。因此，以它为依据所推测的海侵和海相性的强弱不完全适用于我们所研究的范围和领域。正如 E.T.Degens 自己所说：在各个地区不同地层要另行摸索出海、陆相界线来^[9]。用盐度指标作为海、陆相标志，可能还有另一种观点的支持，有的认为盐湖主要是海水退出后残留在陆地的残留海，似乎只有海水才是 B 元素等的唯一来源。这里有必要再对其来源略作讨论。

三、陆相含盐沉积盆地硼元素的来源

自印支运动、燕山运动以来，柴达木盆地开始了新的地质发展历程。至今在盆地内和边缘地区未发现落实的三叠系、侏罗系、白垩系为一套陆相含煤沉积和红色碎屑岩系，各类化石均为淡水陆相生物群的面貌，随着喜山运动的开始，盆地在始新世由局部断陷演变成大型

坳陷，形成了一种高山深盆的构造格局。新生代地层的含盐层系与现代星罗棋布的盐湖，早已失去了与海水的直接联系，张彭熹（1987）在论述柴达木盆地盐湖硼的来源时提到，源于盆地边缘蚀源区的岩石风化，南祁连山达肯大阪山分布的电气石花岗岩体B含量大于百分之一⁽⁷⁾；源于深部水，盆地周边大断裂发育，有许多温、热泉水，大柴旦温泉B含量高达85.81mg/l⁽⁷⁾，超过海水18倍。

青藏高原是我国最强烈的水热活动带之一，为西藏内陆富B盐湖的形成，提供了极为有利的地质构造条件和地球化学背景。在几百个温泉中，有许多富含硼，其中拉布郎水热区泉温85℃，含HBO₂达1965ppm。西藏的温泉水矿化度大于1g/l的占全区温泉总数的61.2%，最高含盐量达30.7g/l；按含量分类，大多数属于半咸水的范畴。在这些温泉中，无论是泉水的化学成份，还是泉水析出物——泉华的矿物成份，都与盐湖中的物质成份颇为相似，表明温泉水与盐湖卤水之间存在着同一的物质来源，具有密切的成因联系⁽⁵⁾。郑喜玉等（1988）认为，青藏高原盐湖稀有、分散元素的物质来源，主要有三个途径：（1）蚀源区岩石的风化淋溶作用，尤其是在重熔作用所形成的再生岩浆作用过程中的大量补给；（2）地表径流和地下径流的补给，特别是水热溶液的补给；（3）大气降水的补给。而温、热、沸泉水尤为盐湖中锂（Li）、B等元素极为重要的特殊补给来源。

西藏地区强烈的水热活动，显示着地壳下部存在着浅层岩浆作用，它为盐湖中成盐元素（尤其是Li、B）的富集，提供了以板块构造所形成的缝合线（或深大断裂）为运输通道，天然热水循环为运移及搬运载体，地壳深部沉积岩的变质或重熔岩浆活动为成盐元素物质来源的地质构造模式⁽⁵⁾。

袁见齐等（1983）提出的高山深盆的成盐环境和金强、黄醒汉（1986）的东濮凹陷早第三纪盐湖深水成因，也将有助于从机理上说明第三系含盐层系中成盐元素的一个非海侵来源。

四、结 论

沉积物中B含量，在一般情况下反映水介质盐度，由于许多内陆盐湖和盐湖相沉积物中富含B，应用B含量、B/Ga比值或B—Ga关系图来区别海相、陆相并不具有普遍意义，盐度指标不能笼统地作为海、陆相标志。尽管有的研究人员在理论上已认识到这一点，但在实际应用中，却往往把这些指标提高到了标志性程度。有必要进一步研究广泛得令人难以置信的中国第三纪海侵问题⁽¹⁰⁾。

致谢 承蒙中国科学院盐湖研究所研究员张彭熹、陈克造、孙大鹏等支持和帮助，谨表谢意。

（本文收到日期1991年6月28日）

（编辑 何锦兰）

参 考 文 献

- (1) 周仰康、何锦文等，硼作为古盐度指标的应用，沉积学和地球化学学术会议论文选集，科学出版社，1984
- (2) 严尚钦、张国栋等，苏北金湖凹陷阜宁群的海侵和沉积环境，地质学报，1979，第1期
- (3) 张国栋、王慧中等，中国东部早第三纪海侵和沉积环境——以苏北盆地为例，地质出版社，1987

- (4) 于升松, 柴达木盆地盐湖水化学特征, 海洋与湖沼, 1984, 15卷, 第4期
 (5) 郑喜玉, 唐渊等, 西藏盐湖, 科学出版社, 1988
 (6) 郑喜玉, 新疆盐湖及其成因, 海洋与湖沼, 1984, 15卷, 第2期
 (7) 张彭熹, 柴达木盆地盐湖, 科学出版社, 1987
 (8) 刘宝珺, 沉积岩石学, 地质出版社, 1980
 (9) Degens, E. T., Williams, E. G., Keith, M. L., ENVIRONMENTAL STUDIES OF CARBONIFEROUS SEDIMENTS. Bull. Am. Ass. Petrol Geol. vol. 41, p. 2427~2455, 1957.
 (10) 童晓光, 中国东部早第三纪海侵质疑, 地质论评, 1985

ON THE FACIES DIFFERENTIATION INDICATOR—BORON AND GALLIUM CONTENT

Sun Zhencheng

(PetroChina University of Beijing)

Cao Chunhao

(Research Institute of Exploration and Development, Qinghai Petroleum Administration)

Liang Xinxian

Xu Kun

(Research Institute of Exploration and Development, Liaohai Petroleum Exploration Bureau)

Abstract

Many contradictions have been observed when the boron content or the B / Ga ratio in clay mineral, or the graph showing the relationship between boron and gallium is applied to differentiate the marine facies from the continental facies. By analyzing the boron content in the saline formation in the Tertiary Continental facies in the west part of China and that from the bottom of mud slurry samples in a modern salt lake, as well as the B / Ga ratio calculated, it is demonstrated that this indicator can not differentiate the marine facies from the inland salt lake facies. The reliability of the study of the marine transgression in the Tertiary formation in China by using this indicator is questionable.

According to the results of the studies of the boron contents in the salt lakes and the hot springs in Qinghai-Tibet Plateau, the question, why the boron content of many salt lakes are much higher than that of marine facies, is explained.