

湖北Q凹陷第三纪含盐系Br、Rb、B、Li 的地球化学研究

吴必豪 渠洁瑜 王弭力 黄良汉 祁佐明

(地质部矿床地质研究所)

(江汉油田)

地球化学是研究盐类沉积和钾盐矿床的重要手段。但过去的工作往往带有一定的局限性,多偏重于盐类沉积物本身微量元素的研究,对组成含盐系中的泥质岩地层缺乏应有的注意。欲更好地了解Q凹陷含盐系的形成条件,古盐湖发展史及成钾规律,就必须对含盐系沉积进行比较全面的地球化学研究。

众所周知,溴、碘、锂、铷、铯、锶、硼是现代盐湖和古代盐类沉积中常见的微量元素。由于不同的物理化学性质,使这些元素在盐类沉积过程中具有不同的赋存状态和运移作用,基本上可将它们分为三类:锂、碘主要赋存于水溶液中,在蒸发岩矿物中含量甚微,溴、铷、铯可以类质同象的方式进入盐类矿物之中;B、Sr除以类质同象的方式存在外,还可以形成独立的矿物^[1]。此外,与蒸发岩矿物同时沉积的泥质碎屑物,同样也可以是上述微量元素的载体,而元素在泥质物中的数量也与水溶液介质及沉积环境有一定关系。因此,对含盐系中泥质岩地层微量元素的研究,也应该是地球化学工作的一个重要方面。但是作为研究沉积环境的地球化学相标志,并非上述微量元素都同样有效,而是需要加以选择。根据不同元素的物理化学性质,我们对盐类地层重点研究的是溴、其次是铷;对泥质岩地层重点是硼,其次是锂。

下面将分别讨论盐类地层和泥质岩地层中上述四个元素的地球化学特征和它们在研究沉积环境中的作用。在此之前,先对Q凹陷盐类沉积的地质特征作一简介。

湖北Q凹陷位于江汉盆地的中部,是在燕山褶皱基底上发展起来的中、新生代内陆断陷盐湖盆地。它是江汉盆地下第三系始新统晚期到渐新统Q组时期下降幅度最大的地区,沉积了巨厚的盐系地层。Q组自上而下共分四个段,分别为Q-1、Q-2、Q-3、Q-4。凹陷面积3470平方公里。位于Q组上下的荆河镇组和荆沙组的泥岩、粉砂岩地层中夹硬石膏、钙芒硝($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$),仅局部有少量的石盐沉积。

Q组含盐系的主要特征为:

1. 厚度大,韵律结构明显。盐系地层厚达3500米以上,盐层累积厚1800米以上,整个盐系剖面共有160多个含盐韵律,每个韵律均由厚几米至十几米的含碳酸盐及钙芒硝的泥岩段和厚几米至几十米的盐岩段组成。

2. 富含硫酸盐。表1为Q凹陷所见盐类矿物,它们绝大多数是硫酸盐类矿物。其中钙芒硝、无水芒硝、盐镁芒硝、钾芒硝等含硫酸钠组分的矿物,在海相盐类沉积中较为少见。根据矿物共生关系可将它们概括为二个系列(富镁、贫镁)六种组合类型(表2),是硫酸钠

Q凹陷盐类矿物

表1

类别	含钾矿物		含镁矿物		一般盐类矿物	
	名称	代号	名称	代号	名称	代号
硫酸盐	无水钾镁矾	La	钠镁矾	Lo	无水芒硝	T
	钾芒硝	GJ	无水钠镁矾	Vh	钙芒硝	Gb
	杂卤石	Po	白钠镁矾	B	硬石膏	An
	钾石膏	Syn	盐镁芒硝	Da	石膏	Gv
	多钙钾石膏	Go				
氯化物	钾石盐	Sy	光卤石	Cr	石盐	h
碳酸盐			白云石	Do	方解石	Ca
			菱镁矿	Ma		

Q凹陷盐类矿物系列及组合类型

表2

系列	富 镁	贫 镁	浓 ↑ 淡
① 组合类型	无水钾镁矾型 (包括GJ、Lo、B、Vh、h等) 钠镁型 (包括B、Vh、h等) 杂卤矾型 (包括h、Gb、泥质物等)	钾芒硝型 (包括Da、T、h等) 盐镁芒型 (包括T、h、Gb等) 钾石膏型 (包括Gb、h、泥质物等)	

① 每种组合类型以其包含的浓缩程度最高的矿物命名。代号所示矿物参见表1

型内陆盐湖在其历史发展过程中, 不同时期不同水化学条件下的产物。

3. 盐类沉积物在平面上呈环带状展布, 即从凹陷的边缘到中心, 依次沉积泥质岩, 钙芒硝, 泥岩, 无水芒硝石盐岩, 而钾镁盐主要分布在凹陷内部相对较深的次一级凹陷中。

一、盐类沉积物中溴、铷的地球化学特征

由于溴、铷离子的物理化学性质分别与氯、钾离子相似, 故在盐类沉积过程中, 它们与氯化物, 钾盐矿物的关系甚为密切, 但二者都不形成独立的矿物, 而以类质同象的方式分别置换盐类矿物中的氯离子和钾离子。溴、铷进入固相氯化物和钾盐矿物中的数量取决于这些离子在卤水中的浓度和它们在固液相间的分配系数。

实验表明^[12]对所有氯化物来说, 溴在固液相间的分配系数 $\left[\frac{\text{Br}^- \% (\text{固相矿物})}{\text{Br}^- \% (\text{卤水溶液})}\right]$ 均小于1,

即进入固相氯化物中的溴含量小于保留在卤水溶液中的溴含量。但随着海水或盐湖卤水的不断蒸发浓缩与盐类矿物的结晶, 水溶液中的溴离子浓度将不断增高, 相应地进入固相矿物的溴也将越来越多。所以, 浓缩晚期较之初期结晶的氯化物, 其溴含量必定增加。而当盐类矿物受到次生溶解并重新结晶时, 溴含量则显著降低。因而, 研究石盐沉积物中的溴的分布或溴氯系数 ($\text{Br} \cdot 10^3 / \text{Cl}$) 将有助于判别盐类沉积时古卤水的浓度变化以及重结晶作用等。

对钾盐矿物的实验研究表明^[9], 当钾石盐结晶时, 铷在固液相间的分配系数小于1, 而

光卤石结晶时,此系数大于1。即在早期钾镁盐沉积阶段,铷和溴一样主要集中在液相中,少量进入固相钾盐矿物中;而从光卤石结晶开始,铷主要地富集在固相矿物中;当经受重结晶作用时,固相光卤石中的铷含量还将继续升高。

铷的实际资料表明,铷在盐类沉积过程中,除以类质同象的方式赋存于钾盐矿物中外,还可被泥质物所吸附。它在含盐系粘土矿物中含量可达0.01%,而在石盐矿物中其含量一般都很低,只在光卤石、钾盐镁矾、无水钾镁矾、钾石盐等矿物中含量才比较高。在古代矿床中,原生沉积的光卤石,其铷含量一般介于0.005—0.016%之间,而经重结晶或再沉积作用形成者,可高达0.036—0.18%^[10],因而铷常被视为光卤石的成因标志。

通过对Q组含盐系近400个岩心样品的分析(石盐矿物含量占90%以上),知含盐系溴氯系数平均为0.16,最低为0.02,最高为0.71。说明该凹陷古湖盆在不同时期内石盐矿物结晶时,卤水中溴离子浓度高低差别很大。如我们以前工作所表明的那样^[1],若由正常海水蒸发浓缩,最初沉积的石盐矿物其溴氯系数一般应为0.11左右;继续蒸发到钾石盐析出阶段时石盐矿物的溴氯系数为0.31;到光卤石沉积时溴氯系数为0.45(石盐);在接近共结点时为0.68(石盐)。相比之下,Q组含盐系有约19%的样品,溴氯系数介于0.02—0.086之间,其中又有4%低于0.052,与正常海水初期沉积的石盐矿物相比要低得多,而与内陆盐湖盐类矿物沉积含溴量低的特点相似。因此,Q凹陷古湖盆卤水应属内陆成因。

根据含盐韵律或含盐组中盐段底板石盐层的溴氯系数值,还可进一步探讨Q凹陷的性质以及钾镁盐物质的聚集过程。这一数值可称为含盐韵律的溴氯系数起点值,它代表着湖盆在每个韵律沉积达到石盐矿物饱和时卤水中含溴量的相对高低。从图1可以看出,Q-4段大部分含盐韵律的溴氯系数起点值相对较低(一般介于0.04—0.1之间);Q-3段略高(0.06—0.14);Q-2段最高(0.1—0.18);Q-1段与Q-2段相近(0.1—0.16)。由此看出,Q组含盐系不同韵律的溴氯系数起点值高低不一,且有自下而上升高的趋势,这与古代海相盐类沉积

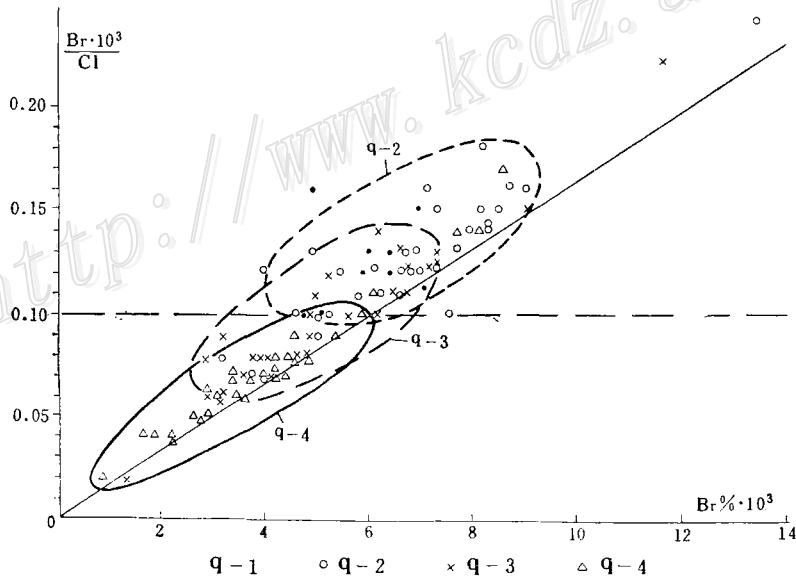


图1 Q组含盐韵律溴氯系数起点值分布图

(该值通常为0.1左右)的特点截然不同。产生这种现象的原因,不仅因为Q凹陷属内陆湖盆,缺乏海水的补给,而且还在于凹陷本身具有闭流盆地的性质。如前所述,溴在固液相间的分配系数小于1,故在闭流盆地条件下,随着一次次的蒸发浓缩及石盐的不断析出,溴和钾、镁离子便在湖盆水体中不断聚集起来。即使到了淡化周期,湖水并没有外溢,使溴和钾、镁离子仍保留在湖盆水体中。时间越长、数量越高,致使含盐系上部Q-1、Q-2段的含盐韵律较之Q-3、Q-4段具有更高的溴氯系数起点值。

根据含盐系剖面上溴氯系数的变化特征,还可以比较客观地划分韵律结构,以便判明古盐盆的演化进程并预测找钾的有利层段。图2是以溴氯系数作为主要标志,并结合厚层砂泥岩段的存在所作的潜江组含盐系韵律结构图。具体方法见参考文献[1、2]。从图中可以看出,位于含盐系下部的V、VI两个一级韵律,其溴氯系数平均值普遍较低,最大只有0.09(V韵律)和0.12(V韵律),表明当时卤水中溴含量很低,卤水相对浓缩程度不大,处于古盐盆发展早期阶段。

第IV韵律是整个含盐系中溴氯系数值最高的一个韵律,其平均值自下而上沿直线上升,说明气候越来越干旱,卤水浓缩程度不断增高,向上达第7个二级韵律时溴氯系数平均值为0.35,最高达0.42,构成含盐系沉积时湖盆水体浓缩程度最高的阶段。第III韵律溴氯系数平均值最大为0.21,表明Q凹陷盐盆发展达中后期阶段。第II、I韵律溴氯系数进一步降低,最大平均值分别为0.17及0.1,是古盐盆发展的后期阶段。

从找钾角度看,第IV韵律是Q凹陷古盐盆发展的高峰,卤水浓缩程度最高。成钾条件最好。目前已在其上部的7韵律发现钾芒硝、无水钾镁矾类的钾矿层,为凹陷内钾盐沉积的主要层段。

前面研究的是整个Q组含盐系总的沉积发展过程。图3则表示溴氯系数在单个钾盐韵律中的变化状况。图中反映出,从以无水芒硝、镁盐一杂卤石为代表的沉积阶段到钾芒硝沉积阶段,石盐矿物中的溴氯系数自下而上呈现周期性的增高,说明这些盐类矿物系随着古盐盆卤水的不断浓缩而依次析出,基本上属原生沉积产物。在钾芒硝、无水钾镁矾矿层之上的盐岩段,溴氯系数继续周期性的升高,最大可达0.71,说明盆地卤水进一步浓缩,应有更浓缩矿物存在。事实上,我们曾在此段发现过光卤石的显示。可能是由于该矿物易溶之故,因此目前在这一高溴氯系数值之盐岩段普遍见到的钾镁盐仅为杂卤石。

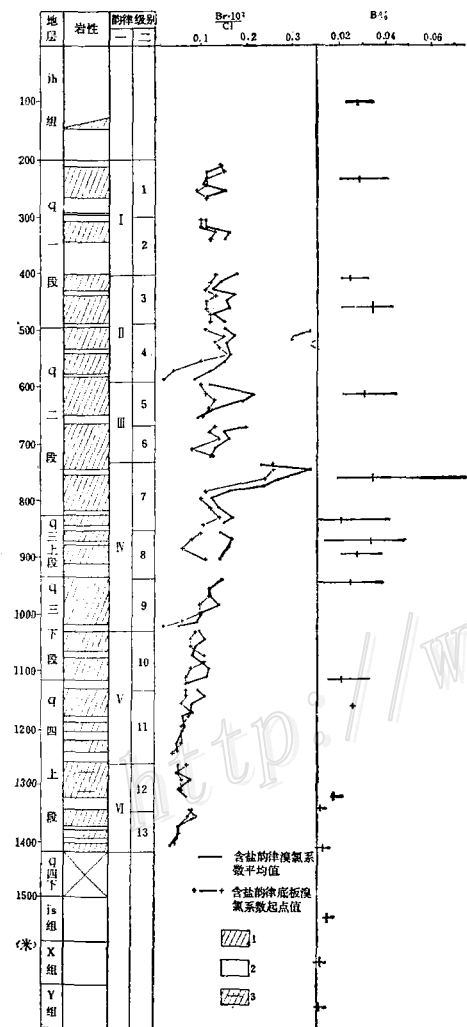


图 2 Q 凹陷白垩—第三系地球化学剖面图
1—石盐岩, 2—泥质岩, 3—含泥质较多的石盐岩

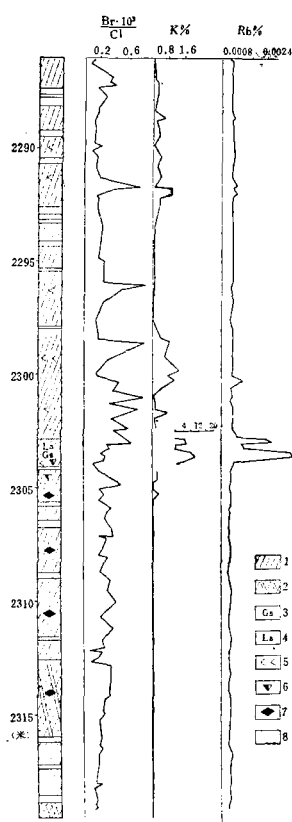


图3 Z-96 q-2段二十韵律段地球化学剖面图

1—石盐岩；2—无水芒硝质石盐岩；
3—钾芒硝；4—无水钾镁矾；5—杂卤石；6—白钠镁矾；无水钠镁矾；7—盐镁芒硝；8—泥质岩

应该指出的是，与无水钾镁矾伴生的石盐矿物，其溴氯系数明显降低至0.1以下。这说明原生沉积的矿物可能为软钾镁矾、钾镁矾等，随着埋深的增加，温度压力的升高而发生化学变质作用，脱水转化成无水钾镁矾。由于溴的分配系数小于1，因此与无水钾镁矾共生的石盐被脱出的结晶水溶解并重结晶时，其溴氯系数必将明显降低。

关于盐类沉积物中铷的地球化学研究，系以成钾条件最好的q-2段二十韵律作为研究对象，应用原子吸收光谱方法进行分析。根据七口井的研究结果表明，铷含量最低为0.0003%，最高为0.0036%。在含钾矿层之下的含无水芒硝及盐镁芒硝的石盐岩层段中，铷含量最低，平均为0.0005%；在含钾芒硝、无水钾镁矾及钠镁矾类的盐岩段中，铷含量最高，平均为0.0017%；在含钾矿层之上为含杂卤石的盐岩层段，铷含量又显著降低，但较之含钾矿层之下的盐岩段略为增高，其平均值为0.0006%，详细情况见表3。

从图3还可以更清楚地看出，在不含钾芒硝及无水钾镁矾的盐岩段中，铷含量均显示为低值，且变化不大，一般都在0.0004—0.0006%之间。而在含钾矿段，铷含量显著增加，高达0.001—0.0036%。但在其他一些未见钾盐沉积的q-2段20韵律剖面中，铷含量均为低值，一般介于0.0003—0.0006%之间，只是在盐岩段的中上部，即与含钾剖面中的含钾矿层及其上覆盐段相应的层位，有较多样品铷含量较之盐段下部增高百万分之一至二。总的看来铷含量变化极不明显。

所有这些资料均表明，铷在含盐系剖面中只与含钾矿物有着密切的关系，其含量随着钾盐矿物的沉积而增加。若单纯为石盐矿物，即使由较高浓度的卤水中析出，铷的含量也不会明显增加。因此，从现有资料看，石盐矿物中的铷很难作为一个良好的找矿标志。

含钾韵律铷含量统计表

表3

层位	样品数	最大值 (%)	最小值 (%)	平均值 (%)
含钾矿层之上	263	0.0010	0.0004	0.0006
含钾矿层	106	0.0036	0.0006	0.0017
含钾矿层之下	332	0.0008	0.0003	0.0005

二、泥质岩沉积物中硼、锂的地球化学特征

前已叙述, Q凹陷含盐系是由频繁交替的盐岩和泥质岩所组成。因此, 在研究盐类地层的同 时, 还必须对泥质岩进行研究, 才能提供更多的地球化学信息, 以便更好地认识该凹陷古盐湖发展的全过程, 并对成钾条件作出正确的评价。为此, 我们对泥质岩地层进行了硼、锂的地球化学分析。

V. M. 戈尔德施密特和 C. 彼得(Peter)^[4]从事硼的地球化学研究较早, 他们首次发现粘土沉积物, 特别是蒸发岩和深海沉积物中的粘土矿物其硼含量远远比火成岩高得多, 并认为与粘土矿物对海水中硼的吸附有关。A. F. 弗里德里克松(Frederickson)和 R. C. 莱伊诺德(Reynolds)^[5]研究了墨西哥湾现代沉积物中硼的地球化学行为后得出结论: 随着海水含盐度的增高, 水中硼含量也成比例增长; 在沉积物中吸取硼的主要矿物是伊利石, 其吸取量与水中硼的浓度成正比; 硼牢固地固着在伊利石晶格中, 在成岩和后生阶段也不易释出。但由于粘土矿物形成方式至今仍有争论, 因此是否影响对硼的使用, 是人们常提出的一个问题。对此, 哈德(Хадер Г.)的资料^[11]表明, 无论是在沉积盆地中自生形成的还是作为陆地上风化产物运移到盆地中沉积下来的, 水介质中的硼都可以进入这些粘土矿物的结晶格架中, 只是后者含硼量相对少些。故可以认为, 无论那种成因的粘土矿物, 基本上不妨碍对硼的使用, 尤其是处于同一盆地、沉积条件相似的情况下更不成问题。只有在对不同盆地或成因不同的矿物进行对比时, 才必须予以注意。

有关锂的地球化学特征, V. M. 戈尔德施密特在总结个别元素地球化学时曾指出, 在沉积过程中锂等碱金属元素可被粘土物质所吸附^[3]。A. П. 维纳格拉多夫(Виноградов)^[12]通过对海水和不同成因地下水的稀有分散元素地球化学的研究, 认为锂在成盐过程中是富集在盐类矿物结晶后的残余溶液里。根据中哈萨克斯坦、乌兹别克、加利福尼亚等地盐湖锂地球化学的研究^[6, 13, 4], 也曾得到了相似的结论, 在湖水咸化过程中锂主要聚集在卤液和底积物的淤泥水以及粘土矿物中。从古代钾盐矿床的资料看, 在英国二叠纪的盐类沉积中, 锂只发现于光卤石带的水不溶物中^[7]。E. П. 斯利弗科(Сливко)^[15]系统研究了乌克兰盐类矿床的微量元素地球化学, 认为锂含量主要与含盐岩石中粘土粒级组分有关, 其含量介于0.0013—0.016%之间, 平均为0.0032%。而在蒸发岩中, 其平均含量只有0.0001%左右, 比岩石圈的克拉克值还低。锂在成盐过程中所以具有上述地球化学行为, 主要在于锂与组成盐类矿物的各种元素的离子半径相差较大以及锂的水合作用能量比较高等因素所致。基于泥质物与锂的密切关系, 能否应用它所含的锂作为地球化学相标志, 将是本文涉及的一个重要方面。

上述前人研究资料表明, 硼主要与粘土矿物有关, 因此, 分析的对象不应是整个泥质岩石而应是从中提出的粘土矿物。只有部分样品考虑到粉砂含量很少, 且无电气石等含硼矿物才简化处理程序, 直接应用5%的盐酸和H₂O₂分别除去硫酸盐、碳酸盐和有机质以后的酸溶残渣, 进行硼的测定。研究表明, 含盐系粘土矿物中硼的地球化学分布特征可以反映出古盐湖沉积发展的状态。

1. 用于分析含盐系的沉积发展过程:

根据硼在剖面中的含量变化(图2), 可对q组含盐系整个沉积过程作如下分析: 在剖面

底部各组段硼含量都比较低,变化范围也不大,一般介于0.009—0.018%之间,各组相应的平均值都低于0.015%,说明这一时期湖盆水体的含盐度相对较低,结合岩性组合分析,可认为是盐类沉积的预备阶段。由q-4上段中部到q-2段下部,硼含量自下而上显著升高,于第7韵律(二级)达最大值(0.076%)。各组段硼含量的平均值也相应呈现总的增加的趋势(0.018—0.035%)。这说明凹陷自q-4上段中部开始进入了以盐湖相为主的沉积环境,而且湖盆水体含盐度越来越高,并在7韵律时达到最高的浓缩程度。由第7韵律直到含盐系顶部,各组段硼含量的变化范围及其相应的平均值(0.034—0.024),都呈缓慢降低的总趋势,说明以盐湖相为主的沉积逐渐趋向结束。上述认识与前面用溴氯系数分析盐湖沉积阶段的结论是一致的。

2. 用于分析单个韵律的发展过程及湖盆水体含盐度的变化:

为比较准确地了解一个含盐韵律发展的详细过程,从q组地层中选择了一些比较有代表性的韵律作为研究对象。对韵律上部盐段中的钙芒硝泥岩夹层及盐段之下的泥质岩地层进行了较详细的取样。其结果表明,粘土矿物的主要组分是伊利石。为便于对比,还根据C. T. 沃克(Walker)^[8]提出的方法,将实测硼的分析结果换算成纯伊利石条件下的硼含量。即:

$$\text{换算硼含量} = \frac{\text{分析硼含量} \times 8.5}{K_2O}$$

式中8.5代表纯伊利石矿物的氧化钾含量; K_2O 代表样品中的实际分析结果。

图4反映出M-1井两个韵律硼的分析结果。从A剖面可以看到,在q-3段14韵律下部的泥岩段地层中,随着下伏韵律含盐段沉积后的逐渐淡化,换算硼含量自下而上逐渐降低,泥质岩段中上部的油页岩层含量最低,只有0.011%,自此往上逐渐升高,并在含盐段的中上部达到最高数值(0.041%),然后又渐趋降低,直至上覆韵律泥岩段的油页岩层。B剖面也有类似趋势,两个韵律之间硼含量的最低值仍在油页岩层。

从上述资料可以看出,泥岩段中上部硼含量最低的油页岩层(厚度通常为50—100厘米),应该是介于两个含盐韵律之间的、湖盆水介质最为淡化的沉积物。由此往上依次为含网脉状钙芒硝泥岩、似层状及含巨晶花瓣状钙芒硝白云质泥岩,最顶部靠近含盐段处为条带状中细晶钙芒硝白云质泥岩。根据硼含量逐渐增高的趋势及钙芒硝矿物的结构特征,可认为条带状中

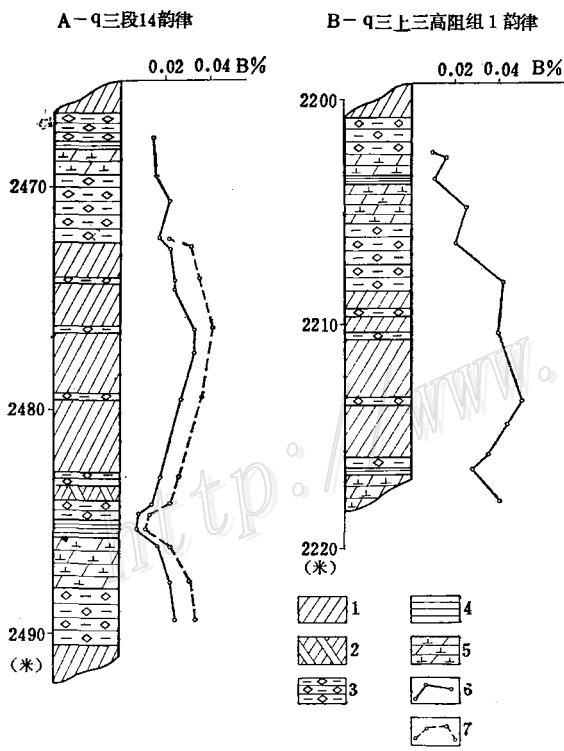


图4 硼在含盐韵律中的分布图

1—石盐岩; 2—无水芒硝质石盐岩; 3—钙芒硝泥岩; 4—油页岩; 5—含碳酸盐泥岩; 6—实测硼含量; 7—换算硼含量

细晶钙芒硝白云质泥岩中的钙芒硝，是在湖盆周围地表河流带入泥质物沉积的同时，湖水矿化度不断升高达到硫酸盐饱和而形成钙芒硝矿物的正常沉积。而巨晶花瓣状钙芒硝及似层状、网脉状钙芒硝泥岩中的钙芒硝，则可能是湖底沉积物处于淤泥状态和成岩过程中，上覆进一步浓缩的卤水向下渗透，在比较稳定环境下形成钙芒硝矿物的巨大晶体及沿裂隙充填之产物。在盐岩中的钙芒硝泥岩夹层，硼含量相对较高，反映了水体含盐度的继续增加，其钙芒硝属正常化学沉积的矿物。

以上表明，硼作为泥质岩中的微量元素组分，在沉积剖面中的地球化学分布规律，客观地反映了湖盆水介质含盐度的变化，是一个比较有效的地球化学相标志。

有关锂的地球化学分析，是以q-2段第二十韵律为研究对象。对泥质岩地层进行系统取样，应用原子吸收光谱方法进行分析。研究表明，泥质岩中锂含量最低为0.0006%，最高为0.0152%。锂在含钾韵律剖面上的分布特征，可以以Z-96和W-76井为代表（图5）。在含钾芒硝矿层之下的盐岩层段中，其下部泥质岩锂含量最低，一般小于0.005%，向上才逐渐增高。在含钾芒硝矿层及其上覆盐岩段地层中，锂含量变化呈有起伏的明显增高的趋势，一般介于0.005—0.015%之间，只是到韵律顶部才有所降低。说明含钾矿层及其上覆盐岩段都是在卤水浓缩程度较高条件下沉积的。锂含量的这些变化和溴氯系数十分相似，可用以说明湖盆水体的浓缩和淡化进程。

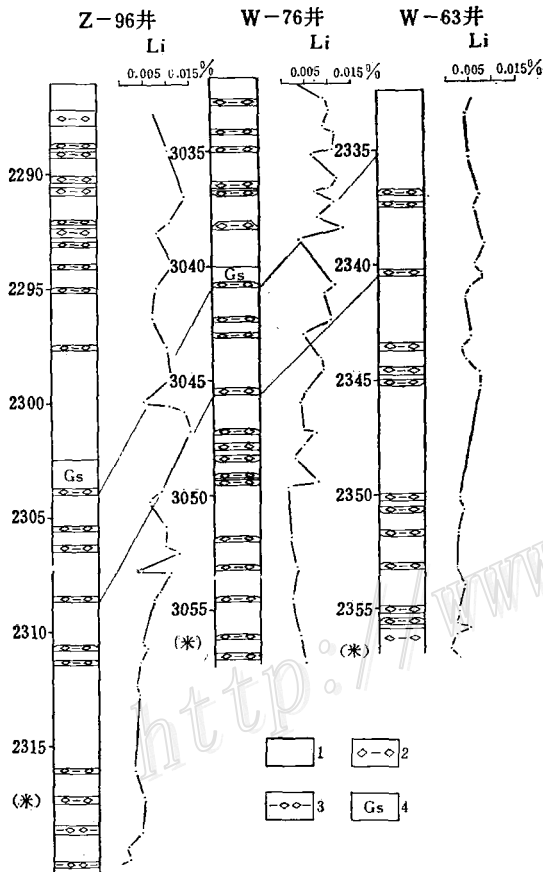


图5 q-2段第二十韵律锂含量分布图

1—盐岩，2—泥质钙芒硝岩，3—钙芒硝质泥岩，4—钾芒硝层

上述现象的产生与锂的地球化学性质有关。如前所述，锂在盐类沉积过程中，既不形成独立的矿物析出，也不与其他盐类矿物发生类质同象的置换，而一直保存在水溶液中。故随着湖盆卤水浓缩程度的提高，特别是到钾镁盐沉积阶段，卤水中的锂将如黑海海水的蒸发资料^[16]所提供的那样，会有显著的提高，相应地泥质碎屑物对锂离子的吸附也会有明显的增加。因而在韵律剖面上呈现出明显的变化。在未见钾盐沉积的W-6-3井剖面上（图5），锂含量的变化基本上也显现出和有钾芒硝沉积时一样的趋势，但其含量都普遍较低，而且与含钾剖面中的含钾矿层及其上覆盐岩段两个相应层位相比锂含量的增高也不那么明显。从这点看来，锂作为地球化学相标志，还不如溴那样明显。因此在工作方法上还有进一步研究的必要。

上述现象的产生与锂的地球化学性质有关。如前所述，锂在盐类沉积过程中，既不形成独立的矿物析出，也不与其他盐类矿物发生类质同象的置换，而一直保存在水溶液中。故随着湖盆卤水浓缩程度的提高，特别是到钾镁盐沉积阶段，卤水中的锂将如黑海海水的蒸发资料^[16]所提供的那样，会有显著的提高，相应地泥质碎屑物对锂离子的吸附也会有明显的增加。因而在韵律剖面上呈现出明显的变化。在未见钾盐沉积的W-6-3井剖面上（图5），锂含量的变化基本上也显现出和有钾芒硝沉积时一样的趋势，但其含量都普遍较低，而且与含钾剖面中的含钾矿层及其上覆盐岩段两个相应层位相比锂含量的增高也不那么明显。从这点看来，锂作为地球化学相标志，还不如溴那样明显。因此在工作方法上还有进一步研究的必要。

结 语

1. 根据石盐矿物溴氯系数的分析, 确定Q凹陷的盐类沉积为内陆湖盆产物。基于含盐韵律溴氯系数起点值的研究, 初步阐明了钾镁盐物质在湖盆中聚集的机理。

2. 通过对含盐系剖面溴、硼地球化学分布特征的研究, 划分了含盐系的韵律结构, 阐明了含盐系沉积时古湖盆的发展演化并确定第IV韵律是古盐湖发展的高峰, 卤水浓缩程度最高, 成钾条件最好。

3. 依据溴、硼、锂对单个韵律的研究, 详细地阐明了单个韵律沉积时湖盆水体的浓缩淡化进程, 从而有助于了解油页岩层和含不同类型钙芒硝矿物泥质岩的形成条件以及钾镁盐矿物的成因。

4. 从地球化学相标志的角度看, 溴不只是对研究海相盐类沉积有效, 对研究大型陆相盆地也同样起有益的作用。它对阐明古盐湖的性质、含盐系沉积的发展演化、盐类物质的聚集、矿物成因及指示找钾等都是有效的。

但由于溴对盐类沉积的研究有一定的局限性, 在含盐系研究中, 同时研究泥质物中的硼、锂是非常必要的, 它们可以补充溴的不足。尤其是硼对研究湖盆水体含盐度的变化方面是很有效的, 当研究单一韵律湖水浓缩淡化进程时, 只有把硼溴结合起来, 才能获得较为完整的概念。

以往对盐类矿物中铷的工作做得较少, 初步看来, 以此研究湖盆卤水的浓缩、淡化进程或作为找钾相标志, 效果并不好。因为只是在有钾盐矿物出现的时候, 铷含量才比较高, 而在石盐矿物中铷含量很低, 很难看出变化规律。很可能铷只是对研究光卤石等钾盐矿物的成因方面有效果。

参 考 文 献

- [1] 石油化学工业部化学矿山局 1977 《石油勘探中找钾盐矿的方法》石油化学工业出版社
- [2] 吴必豪等 1980 湖北Q盆地含盐系地球化学的研究 《地质学报》 No.4.
- [3] V. M. 戈尔德施密特等 1959 《地球化学》 科学出版社
- [4] Goldschmidt, V. M., and Peters, C., 1932, The geochemistry of boron, I. II. Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-Physik. Kl. III, 402, 528.
- [5] Frederickson, A. F. and Reynolds, R. C., 1960, How measuring paleosalinity aids exploration. Oil Gas J. 58, 154-158.
- [6] Bradford, G. R., 1963, Soil Science, 96, No. 2.
- [7] Armstrong G., Dunham K. C., et al. 1951, Mineral. Mag., 29.
- [8] Walker, C. T. 1963, Size fractionation applied to geochemical studies of boron in sedimentary rocks. Jour. Sed. Petrology, V. 33, 694-702.
- [9] Ладнынина, И. Н. и Аношин, Г. Н., 1962, Некоторые закономерности распределения Rb, Tl и Br в процессе формирования месторождений калийных солей. Геология и Геофизика. №. 3.
- [10] Войко, Т. Ф., 1966, Редкие элементы в солях и соленосных отложениях. «Геох. Минер. и Генетическ. Типы Месторож. редких эл.» Т. 3.

- [11] Хадер, Г., 1965, Геохимия Бора. Иностр. Лит.
- [12] Виноградов, А. П., 1948, Труды лабор. Гидрогеол. Проблем. АН СССР.1, Изд-во АН СССР.
- [13] Мун, А. И. и Дарер, Р. С., 1964, Труды Ин-та хим. наук АН Каз ССР.
- [14] Рубанов, И. В. и Неумеечева, Н. Е., 1964, Некоторые особен. распределения Li, Rb, Cs в современных солевых отложениях Узбекистана. ДАН Узб ССР. №6.
- [15] Сливко, Е. П. и Петриченко, О. И., 1967, Акцессорные литий, рубидий и цезий соленосных отложениях Украины, Из-во «Наукова Думка».
- [16] Желебцова, И. К., и Волкова, Н. Н., 1966, Эксперимент. изучение поведения микроэл. в процессе естествен. солнечного испарения воды Черного моря и рапы Сасыс-Сиваш. оз. «Геохимия», No. 7.

GEOCHEMISTRY OF Br, Rb, B AND Li IN THE TERTIARY SALINE FORMATION OF BASIN Q, HUBEI PROVINCE

Wu Bihao and Qu Jieyu

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences)

Wang Mili, Huang Lianghan and Qi Zuoming

(Jiangnan Oil Field)

Abstract

Geochemistry of minor elements has already gained acceptance as an important indicator in the study of depositional environments, formation conditions and evolution of the saline deposit. Nevertheless, only by looking combinedly into both saline minerals and clays associated with them can better knowledge be acquired. This paper presents some results obtained in this aspect through the research into the Tertiary saline formation of Q basin, Hubei province.

The geochemical characteristics of bromine and rubidium from saline minerals have been investigated. The resulting analytical data show that clear distinction exists between these minerals and marine saline minerals in bromine/chlorine coefficient. This suggests that the deposition of saline formation of q group was confined to a continental basin with soluble salts accumulated steadily within this relatively large enclosed lake basin.

In this paper, depositional process of the whole q group and the favorable layers for the deposition of K-Mg salts have also been approached in terms

of distribution characteristics of Br/Cl coefficient, on which paragenetic association and origin of saline minerals have been elucidated tentatively.

As is shown by the study of its geochemical behavior, rubidium is intimately correlated with potassium minerals, thus serves to be a geochemical indicator for potassium sediments; rubidium in halite, however, can hardly be used as an indicator in the study of this mineral.

The geochemical behavior of boron and lithium in clay sediments have been discussed in the second half of this paper with more emphasis on the former element. The boron content in the clay fraction and in the unfractionated whole rock sample indicates that the distribution characteristics of this element either in the whole saline formation or in individual sedimentary cycles are extremely helpful to the study of the variation of palaeosalinity of the lake basin during the process of deposition, thus serving as a remedy for the limitation of bromine geochemistry which is effective only for salts, and making it possible for the author to acquire a more comprehensive understanding of the depositional evolution.

The study of lithium shows that the variation of its content in sedimentary cycles bear resemblance to that of the Br/Cl coefficient, and also has something to do with the salinity of the depositional environment. As a geochemical indicator, however, it is not so desirable as bromine or boron and requires further improvement.

<http://www.kcdz.ac.cn/>