

碳酸盐岩中锶元素地球化学特征及其指示意义

——以北京下古生界碳酸盐岩为例

倪善芹¹⁾, 侯泉林²⁾, 王安建¹⁾, 琚宜文²⁾

1) 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037;

2) 中国科学院研究生院, 北京, 100049

内容提要:应用 Sr 指示古环境的方法很多,其中以 Sr 的含量和与 Sr 配对的相应的元素比值作为指示剂,具有典型代表性。本文以北京下古生界碳酸盐岩为研究对象,采用 ICP-MS 分析技术测试了 49 件样品中 Sr、Ba、Cu 的含量。以 Sr 的含量、Sr/Ba、Sr/Cu 比值作为地化指标,深入探讨了 Sr 的地球化学特征。系统的分析了 Sr 含量、Sr/Ba、Sr/Cu 比值对不同的沉积环境的地质响应。指出从浅海环境到深海环境 Sr 含量及其相应的元素比值增加趋势明显,对沉积环境具有重要的指示作用。并且, Sr 的分布还受到不同沉积旋回的影响,研究沉积作用对 Sr 分布的影响时,应在同一沉积旋回中进行。此外还深入研究了不同岩性、不同沉积旋回中 Sr 的分布特征,探讨了影响 Sr 分布的不同因素。归纳了 Sr 对沉积环境的指示作用。就成岩作用对碳酸盐岩中 Sr 分布的影响,结合前人的工作,进行了探索性的分析。

关键词:碳酸盐岩; Sr; 沉积环境; 成岩作用

元素 Sr 含量、Sr 同位素以及与 Sr 配对的相应的元素比值,在地球各圈层中的迁移分布(分馏)具有良好的地球化学指示意义。经过几十年的研究,又由于现代测试方法及分析技术的不断发展,从最初 Rb-Sr 等时线地质定年技术的开发应用到现代沉积学,特别是近年来全球变化古环境代用指标的研究, Sr 已成为地球科学研究各个领域的重要指标之一。

Veizer 等(1973)指出, Sr 对碳酸盐岩沉积和成岩作用起着重要的指示作用。主要是由 Sr 本身特性所决定的:①Sr 离子半径与 Ca 相近,常在碳酸盐矿物中置换 Ca 的位置。与 Sr 相比, Ba 的化合物溶解度较低。淡水与海水相混时,淡水中的 Ba^{2+} 与海水中的 SO_4^{2-} 结合生成 BaSO_4 沉淀;而 SrSO_4 的溶解度较大,可以继续迁移至远海,通过生物途径沉积下来。所以从淡水环境向海相过渡,沉积物中 Sr/Ba 值急剧增大的趋势是明显的,可以确定盐度的高低。②Sr 的含量在不同碳酸盐矿物中是不相同的,通常文石中 Sr 的含量最高,高镁方解石次之,低镁方解石最低。③海水 Sr 的平均含量为 8×10^{-6} ,淡水中为 0.06×10^{-6} 。因此,当碳酸盐在沉积或成岩过程

中有淡水加入时,就会影响 Sr 的含量。以上特点,都能不同程度地影响 Sr 在碳酸盐岩中的分布。

目前,应用 Sr 指示古环境的方法很多,其中以 Sr 的含量和 Sr 同位素组成最具代表性(Ingerson, 1962; Fouke et al., 2005; Huang et al., 2006; Tripathi et al., 2009)。本文以北京下古生界碳酸盐岩为研究对象,以 Sr 的含量、Sr/Ba、Sr/Cu 比值作为地化指标,深入探讨了 Sr 的地球化学特征。

1 地质背景

研究区分别位于北京市房山区的史家营—柳林水、黄土岭—龙门台和门头沟区的军庄—下苇甸、太子墓—下马岭和青白口—付家台,地层划分为寒武系(昌平组、馒头组、张夏组、炒米店组)和奥陶系(冶里组、亮甲山组、马家沟组)(图 1)。研究区先后经历了 3 次海侵,形成了 3 套各具特色的沉积地层组合,分别为昌平组旋回、馒头组—亮甲山组旋回、马家沟组旋回(鲍亦冈等, 2001)。

昌平组构成了第一个旋回,在沧浪铺晚期海水从西南侵入本区,首先沉积了一套底砾岩和潮上云

注:本文为中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(编号 K1020)和国家重点基础研究发展计划(编号 2006CB202201)资助成果。

收稿日期:2009-11-12;改回日期:2010-03-08;责任编辑:周健。

作者简介:倪善芹,中国地质科学院矿产资源研究所在站博士后。Email: nishanq@yahoo.com.cn。通讯作者:侯泉林,中国科学院研究生院教授。Email: quhou@gucas.ac.cn。

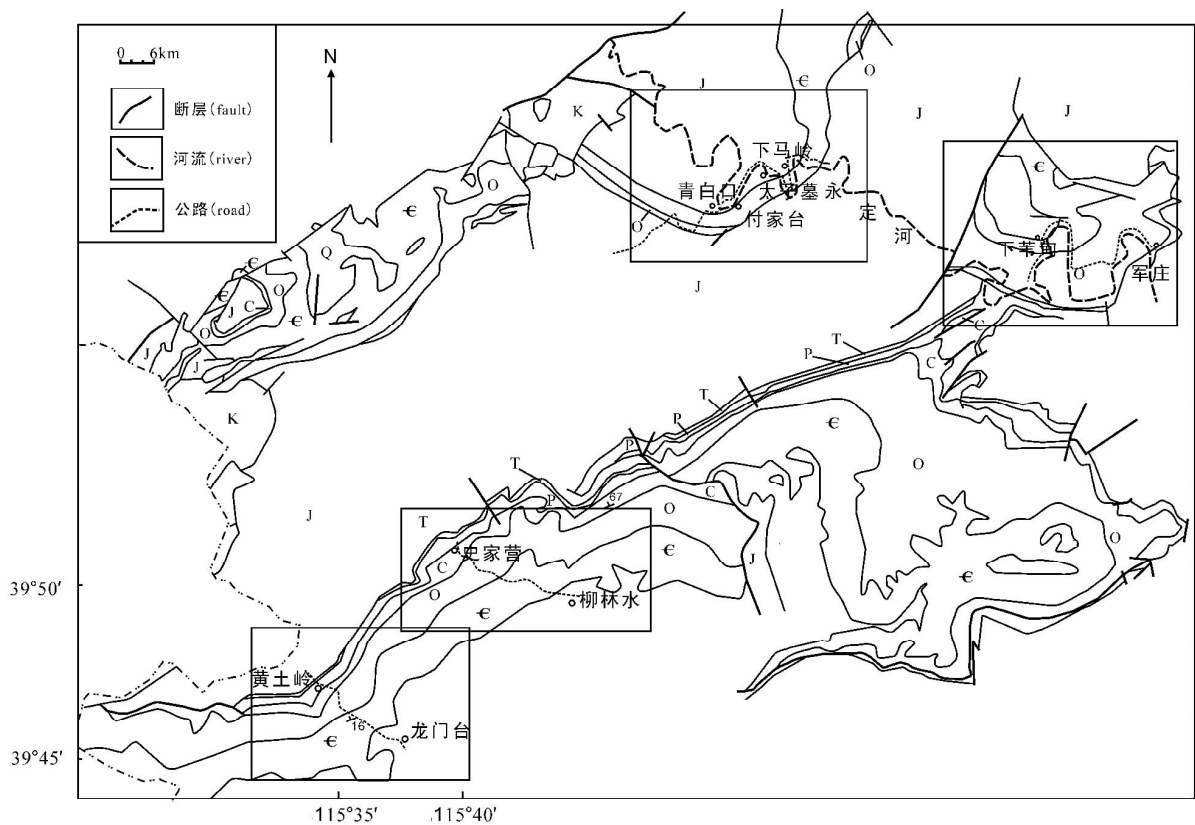


图 1 研究区地质图 (据北京市地质矿产局,1991)

Fig.1 Locations of samples in Fangshan and Mentougou of Beijing, China (according to Regional Geology, Beijing,1991)

C—寒武系;O—奥陶系;C—石炭系;P—二叠系;T—三叠系;J—侏罗系;K—白垩系
C—Cambrian; O—Ordovician; C—Carboniferous; P—Permian; T—Triassic; J—Jurassic; K—Cretaceous

坪相含陆源碎屑含燧石泥晶白云岩。随海水加深,沉积了潮间—潮下环境的泥晶灰岩、豹斑状灰岩,含有三叶虫和棘皮类化石碎片。到龙王庙中期,海水逐渐回落,又形成一套潮上蒸发泥晶白云岩。到龙王庙晚期,本区再次上升成陆遭受剥蚀。因此,昌平组构成了一个较完整的海侵—海退沉积旋回。

第二个旋回由馒头组、张夏组、炒米店组、冶里组、亮甲山组构成。中寒武世早期地壳开始下沉,遭受海侵。本次海侵为早古生代第二次海侵,是本区显生宙最广泛、经历时间最长、规模极大的一次海侵,一直持续到早奥陶世末才结束。

馒头组为一套紫红色泥岩和白云岩。张夏组以发育厚层鲕粒灰岩为特征。炒米店组是一套以中—薄层泥云质条带灰岩、竹叶状灰岩为主的岩石底层。冶里组由灰色厚层、中厚层状泥晶灰岩组成,中上部夹有钙质页岩和竹叶状页岩。含有三叶虫、牙形石、棘皮类化石。亮甲山组下部以深灰—灰黑色泥晶、粉晶灰岩为主,中、上部以细—粉晶白云岩为主,以

含有大量燧石条带和团块为特征,含有正常海相生物化石。

马家沟组构成第三个旋回。早奥陶世末受怀远运动影响,形成沉积间断,中奥陶世初期再度下沉,为早古生代规模大、范围广的第三次海侵。由于地壳波动的周期性,形成上、下马家沟组两套泥云岩、含生屑石灰岩。

2 样品采集和实验分析

本研究选择了露头完好的北京市房山区的史家营—柳林水、黄土岭—龙门台和门头沟区的军庄—下苇甸、太子墓—下马岭和青白口—付家台 5 个剖面作为取样地点(图 1),采集寒武系(昌平组、馒头组、张夏组、炒米店组)和奥陶系(冶里组、亮甲山组、马家沟组)新鲜岩石样品。Sr、Ba、Cu 的元素检测分别在国家地质实验测试中心和中国科学院地球化学所完成,标样的分析结果相对误差小于 10%,仪器测定平均相对标准偏差优于 5%(Qi et al., 2000)。

详见倪善芹等(2009)微量元素的检测。

本次研究矿物的分类和命名主要借助于单偏光镜和正交偏光镜。单偏光镜下主要研究样品的矿物形态、解理、颜色、多色性、吸收性、边缘、贝克线、糙面、突起等;正交偏光镜下主要测定光率体半径、干涉色级序及双折率、消光类型、消光角及延性符号,综合以上两方面内容对样品从结构和成分上进行分类和鉴定,仪器型号为 OPTON 偏光显微镜,依据的标准为显微图像分析 ASTM E1382-97。

沉积相主要依据《北京市区域地质志》各沉积相的标志,结合所采岩石样品所在的层组和岩石类型、组合及结构、构造,恢复所取岩石的形成环境进行划分。主要沉积相有:潮间间歇高能、潮上云坪蒸发低能、潮下低能、潮间泻湖、泥坪与潮间泻湖、潮下浅滩高能、缓坡、开阔海低能。需要特别指出的是研究区有 3 个沉积旋回,由于每个沉积旋回可能具有不同的物源,因此在研究微量元素与沉积相关系时,选取了相对具有代表性的馒头组—亮甲山组旋回,该旋回主要的沉积相包括:潮坪—潮间泻湖(云坪、潮间泻湖、泥坪—云坪潮间泻湖)、浅滩、缓坡、局限海、开阔海。

3 Sr 元素地球化学特征

3.1 Sr 与沉积相的关系

研究发现,不同旋回,Sr 的含量有显著的差别。昌平组灰岩 Sr 含量相对较低,馒头组—亮甲山组旋回含量相对较高,而马家沟组在不同的地点 Sr 含量变化较大(表 1)。不同旋回,尽管具有相同的沉积环境,但是,锶的含量相差非常大。这与前人研究的锶在纵向上的变化规律可作为划分沉积环境的标志,存在着明显的矛盾,是什么原因导致了这种结果的出现呢?笔者认为,本研究区经历了 3 次海侵,3 个沉积旋回,不同的沉积旋回从物源、古地理条件等变化都较大,从而导致不同旋回尽管具有相同环境,锶的分布也会明显不同。

为了使研究更有说服力,选择了取样较多,持续时间较长的馒头组—亮甲山组作为研究对象,来探讨 Sr 含量与沉积相之间的关系。结果显示从云坪—潮间泻湖相→外缓坡相→局限海→浅滩相→开阔海相 Sr 含量增加(图 2)。从时间顺序来讲,首先沉积了馒头组(云坪—潮间泻湖相),接着是张夏组(浅滩相)、炒米店组(外缓坡,即潮坪—浅滩相),最后是冶里组、亮甲山组(局限海、开阔海相)。

胡明毅(1994)指出,控制和影响碳酸盐岩中微量元素分布的因素非常复杂,如古地理条件、古构造变

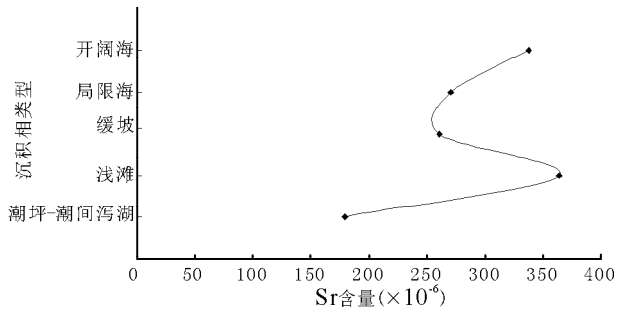


图 2 北京房山和门头沟地区馒头组—亮甲山组 Sr 元素含量与沉积相关系

Fig. 2 The relation between Sr content and sedimentary facies in the Mantou and Liangjiashan Formation of Fangshan and Mentougou area, Beijing

动、不同相带中岩性的不同、有机质含量的多少、成岩过程中物质再分配等等,但是在一定的区域内微量元素的变化主要取决于岩石成分,而岩石成分是古地理环境的必然产物,因此微量元素在纵向上的变化规律可作为划分沉积环境的标志,碳酸盐岩中 Sr 随着水体的加深,沉积相的变化,其含量明显增加。此外,Veizer 等(1973,1974)在研究西喀尔巴阡山中部的中生代碳酸盐岩沉积时,也发现过由浅滩白云岩到深海灰岩锶的逐渐增加。刘文均(1989)在研究湖南泥盆系碳酸盐沉积时也发现由局限台地潮坪相至盆地相锶的含量明显增加。然而,本次研究却发现锶在同一个海退、海侵旋回中浅滩相出现异常高值。

Sr 在浅滩相出现异常高值这一分布特征,显然与前人研究的从浅海区向深海区 Sr 含量增加的趋势相矛盾。胡明毅(1999)指出:Sr 的含量与沉积环境所决定的原始沉积特征有关。Veizer 等(1973,1974)根据现代海洋中钙质生物骨骼的矿物成分,以及碳酸盐沉积物矿物成分的不同,计算了不同沉积环境中锶的含量特征。在现代海洋中,浅海的鲕粒、球粒、底栖生物、藻类等主要由文石或高镁方解石组成,深海中常见的颗石藻、有孔虫等则以低镁方解石为主。现代浅海和生物礁环境中的沉积物以高镁方解石和文石为主,而深海沉积物则以低镁方解石为主。这 3 种碳酸盐矿物中 Sr 的含量差别很大(文石>高镁方解石>低镁方解石)。但是不稳定的文石和高镁方解石在成岩过程中向低镁方解石转化时,锶的含量相应降低,而稳定的低镁方解石中锶的含量在成岩作用过程中并不发生变化,结果反而造成低镁方解石中锶的含量大于由文石或高镁方解石转化而成的低镁方解石。这样由原始沉积环境所控制的矿物组成的不同,经成岩转化后,造成了锶的含量

表 1 北京房山和门头沟地区不同组碳酸盐岩样品中 Sr/Ba、Sr/Cu 值

Table 1 The values of Sr/Ba, Sr/Cu in different carbonate rocks samples from Fangshan and Mentougou area of Beijing							
组别	样品个数	岩性	岩相	Sr/Ba	Sr/Ba	Sr/Ba	Sr/Cu
				变化范围	平均值		
昌平组	2	泥粉晶含灰云岩 豹斑状灰岩	潮下低能 潮下低能	1.9~16.9	9.4	5.05	172
	2	豹斑状灰岩 含泥晶粉晶含灰云岩	潮下低能 潮下低能	2.3~2.8	2.6		
	1	砂质白云岩	潮上间歇高能	0.27	0.27		
	1	含灰白云岩	潮上云坪蒸发	6.05	6.05		
馒头组	3	泥晶白云岩 泥粉晶白云岩 含铁泥质粉晶云岩	云坪 云坪—潮间泻湖—云坪 云坪—潮间泻湖—云坪	0.26~6.9	3.6	2.53	134.6
	1	泥质灰岩	潮间泻湖	1.48	1.48		
	1	泥质泥晶灰岩	泥坪与潮间泻湖	0.41	0.41		
张夏组	3	亮晶鲕粒含云灰岩 亮粉晶含生屑鲕粒灰岩 亮晶鲕粒灰岩	潮下浅滩高能 潮下浅滩高能 潮下浅滩高能	9.3~47.6	22	24.2	176
	4	亮晶鲕粒含云灰岩 亮晶鲕粒含云灰岩 亮晶鲕粒灰岩 细晶鲕粒灰岩	潮下浅滩高能 潮下浅滩高能 潮下浅滩高能 潮下浅滩高能	4.2~65	35		
	1	泥亮晶鲕粒灰岩	潮下低能—浅滩高能	30	30		
	2	岩屑砂岩	潮下浅滩高能	0.12	0.12		
		亮晶灰岩	潮下浅滩高能	6.03	6.03		
炒米店组	2	含砾屑粉晶灰岩 泥晶灰岩	缓坡 局限海	0.39~1.34	0.9	3.6	11.8
	2	中细晶砾屑灰岩 泥细晶砾屑含云灰岩	缓坡 缓坡	5.7~5.8	5.8		
	1	泥晶灰岩	局限海	12	12		
	1	泥晶灰岩	局限海	1.6	1.6		
	1	灰质砂岩	缓坡	0.19	0.19		
	1	亮晶灰岩	缓坡	1.82	1.82		
冶里组	2	泥晶灰岩 泥晶灰岩	缓坡 缓坡	1.5~2.8	2.2	4.54	43
	3	泥晶灰岩 砂屑灰岩 泥晶白云岩	局限海 局限海 局限海	2.47~14.6	6.1		
亮甲山组	3	泥晶灰岩 泥晶灰岩 泥晶灰岩	开阔海 开阔海 开阔海	2.8~74	27.3	13.73	109
	6	含生屑藻屑泥晶灰岩 泥晶灰岩 含生屑藻泥晶灰岩 藻泥晶粉晶细晶灰质云岩 泥晶灰岩	开阔海 开阔海 开阔海 开阔海 开阔海	3.9~8.8	6.8		
马家沟组	2	泥晶灰岩 泥粉晶灰质云岩	潮下低能 潮下低能	17~23	20	42.7	470
	2	泥粉晶云岩 含砂屑粉晶云岩	潮下低能 潮下低能	2.5~3	2.8		
	1	粉晶含泥灰岩	潮下低能	13.4	13.4		
	1	亮晶鲕粒砂屑灰岩	潮下浅滩高能	197.4	197.4		

由浅水向深水逐渐增加的分布特点,即含生物碎屑的灰岩有利于锶的富集。笔者认为导致浅滩相 Sr 含量

偏高的原因应是本次采集的样品以鲕粒灰岩为主,但是鲕粒灰岩在成岩过程中,并没有像前人研究的那

样, Sr 含量在碳酸盐岩矿物的转变过程中降低。

3.2 Sr 与岩性的关系

在研究区,白云岩中 Sr 的含量普遍低于灰岩中(图 3)。这是因为白云岩化作用和成岩作用将明显地使 Sr 受损(李双应等,1995)。Baker 等(1985)指出现代海洋中白云石的 Sr 含量从 245×10^{-6} 到 600×10^{-6} ,但是白云岩化作用和成岩作用将明显地使 Sr 受损,文石被白云石化后,其典型的 Sr 含量将是 $500 \times 10^{-6} \sim 600 \times 10^{-6}$,方解石被白云石化时,低 Sr 白云石就会形成,海相高镁方解石和低镁方解石将会被具有几百 ppm Sr 的白云石代替。但是成岩方解石具有更低的 Sr,它将被 Sr 含量近于枯竭的白云石代替。因此在确定白云石的 Sr 含量时,白云化作用的时间是另一个重要的因素。海相碳酸盐(文石、高镁方解石、低镁方解石)的早期白云岩化将导致较富 Sr 的白云石。相对稳定的海相碳酸盐(由成岩低镁方解石组成)的晚期白云岩化将有贫 Sr 的白云石(Tucker et al., 1990)。此外,碳酸盐的 Sr 值也可以由于成岩过程中大气淡水环境的重结晶作用而减少(Brand et al., 1980)。

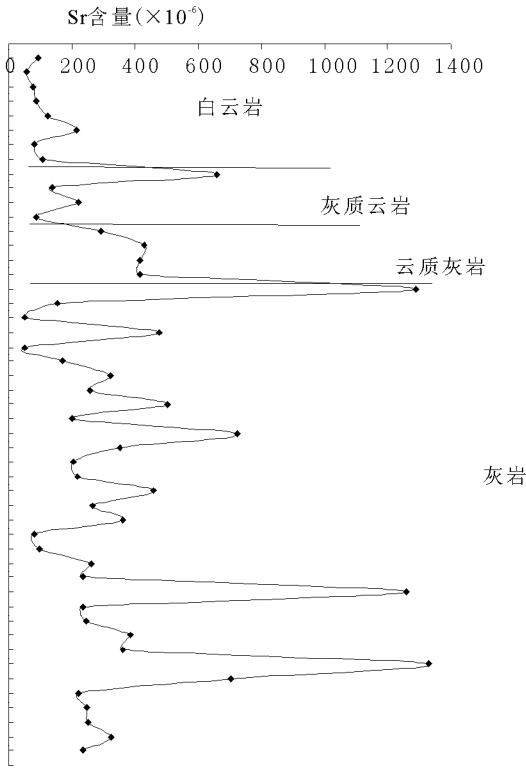


图 3 北京房山和门头沟地区寒武系、奥陶系碳酸盐岩中 Sr 元素含量与岩性关系

Fig. 3 The relation between Sr content and lithology of Cambrian and Ordovician carbonate rocks from Fangshan and Mentougou area of Beijing

3.3 Sr/Ba、Sr/Cu 比值对环境的指示意义

沉积岩的微量元素含量和某些元素的比值以及同位素已经在判别沉积环境等方面得到广泛的应用。尽管借助于岩相来判断古沉积环境和古气候势必有很大的局限性,但它仍不失为古气候环境记录的忠实载体,而其中微量元素分配及比值的变化、组合和古盐度的分布,都在一定程度上指示着古气候环境的演化历程。本次研究中主要选取了 Sr/Ba、Sr/Cu 值二种常用的判别标志进行研究(图 4)。

史忠生等(2003)认为,运用 Sr/Ba 值来判定沉积环境,在实际操作中经常会出现一些矛盾现象, Sr 置换 Ca 进入方解石或文石中会对 Sr/Ba 值产生影响,不能真实地反映沉积环境,但从 Sr、Ba 分异的原理上可以知道, Sr、Ba 的沉积主要与蒸发作用有关。因此,虽然在实际的操作中,不能准确确定与沉积环境有关的那部分 Sr/Ba 值,但就沉积物中 Sr、Ba 的总含量,以及总的 Sr/Ba 值来说,在一定程度上还是能够反映沉积区的某些气候信息。Sr/Ba 值对沉积环境指示意义显著。

如图 4 所示, Sr/Ba 值在黄土岭—龙门台剖面的马家沟组最高(197.4),张夏组太子墓东次之(35),在张夏组史家营—柳林水最低(0.12)。Sr/Ba 值可用来反映古盐度的变化趋势,通常认为, Sr/Ba > 1 为海相沉积, Sr/Ba < 1 为陆相沉积。但是仅凭最大值、最小值则不能真实的反映整个地层的沉积环境。如张夏组史家营—柳林水的一个样品 Sr/Ba 仅有 0.12,而多数样品的 Sr/Ba 都在 4 以上,最大的达 65。因此,张夏组应是海相沉积,而 Sr/Ba 为

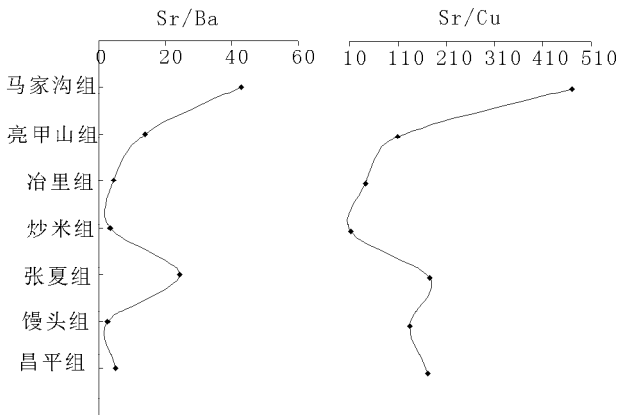


图 4 北京房山和门头沟地区碳酸盐岩中微量元素比值与岩组关系

Fig. 4 The relation between element ratios and strata group in carbonate rocks from Fangshan and Mentougou area of Beijing

0.12 的样品出现则表明在沉积过程中混入了陆源物质。张夏组形成于馒头组—亮甲山组旋回的潮下带水下浅滩高能环境,这时水体能量较高,水体动荡,形成了以鲕粒灰岩为主的一系列沉积。而在黄土岭马家沟组出现了 Sr/Ba 的异常高值(197.4),并且马家沟组样品的 Sr/Ba 都在 2 以上,反映出马家沟组沉积时期海水咸度较大,而异常高值可能标识高度咸化条件下的海相沉积。

Sr/Ba 值的高低反映了沉积环境蒸发作用的强弱,特别是钡,是盆地蒸发作用的量度。由浅缓坡到深缓坡,蒸发作用减弱,这同沉积相的研究结果是一致的。

通常 Sr/Cu 值介于 1.3~5.0 之间指示潮湿气候,而大于 5.0 则指示干旱气候。在本研究区内,铜含量很低,有很多样品铜含量低于检测限, Sr/Cu 值一般都大于 10,在干旱气候响应范围。反映出在整个寒武纪—奥陶纪沉积期间,研究地区气候比较干旱。其中马家沟组时期气候最为干旱(图 4)。

3.4 Sr 对沉积环境的指示

以馒头组—亮甲山组旋回为例,发现 Sr 含量变化恰恰是地层沉积时沉积环境的反映:

馒头期海水处于半封闭状态,大多数时期水体安静、气候干燥炎热、蒸发作用强烈,海平面低,构造稳定,海平面上升极其缓慢,沉积速率较低。离岸较近, Sr 含量较低,属于潮上一潮间环境。

张夏期为馒头期海侵的继续,水体逐渐加深,海底地形起伏,较多时候为水下隆起区。亮晶鲕粒灰岩为潮下带水下浅滩高能环境产物。Sr 含量进一步增加,张夏期以潮下浅滩高能环境为主。

炒米店期(崮山期、长山期和凤山期)与张夏期相比,水下浅滩已逐渐消失,残留滩趋于夷平,能量降低,陆源物质增多, Sr 的含量随之降低。早期为条带状泥晶灰岩夹颗粒灰岩,其沉积环境以潮下低能(局限海)为主,潮下高能浅滩为次;中、晚期为泥质条带泥晶灰岩和各种颗粒灰岩为主,夹叠层凝块石灰岩、竹叶灰岩,其沉积环境以缓坡相(潮坪—浅滩)为主。地壳升降不均衡,华北南部海退,北部水体相对加深,而形成较深水环境。

寒武纪与奥陶纪为连续沉积,早奥陶世基本继承了晚寒武世海域格局。冶里期华北东部海底地势,据“沉积相和厚度变化表明,嵩山—京西是南高北低略有起伏的缓坡,坡度为 1:5000 左右。水体南浅北深”(贾振远,1986)。本区为沉积最厚处,约 100 m,下陷幅度大,水体较深。据所含粘土岩条带

之粘土矿物组合可知,凤山组为伊利石、蛭石组合,与冶里组过渡处为伊利石、蛭石-绿泥石组合,冶里组为伊利石、绿泥石组合,反映了凤山期逐渐过渡为冶里期沉积,并离陆源区较远,水体逐渐加深, Sr 含量较高。冶里组以泥晶灰岩为主,冶里期沉积以开阔海低能环境为主。

亮甲山期沉积环境的继续发展,沉积海域大体相同。本区亮甲山期水体相对较深,以安静的开阔海沉积环境为主, Sr 含量较冶里组增加。

4 讨论

4.1 成岩环境对 Sr 含量的影响

在 Sr 与沉积环境的关系图解中,浅滩环境中 Sr 含量出现了异常,而引起这种异常的原因应是成岩作用等因素。这是因为 Veizer 等(1973,1974)根据现代海洋中钙质生物骨骼的矿物成分,以及碳酸盐沉积物矿物成分的不同,计算了不同沉积环境中 Sr 的含量特征。在现代海洋中,浅海的鲕粒、球粒、底栖生物、藻类等主要由文石或高镁方解石组成,深海中常见的颗石藻、有孔虫等则以低镁方解石为主。现代浅海和生物礁环境中的沉积物以高镁方解石和文石为主,而深海沉积物则以低镁方解石为主。这 3 种碳酸盐矿物中 Sr 的含量差别很大(文石>高镁方解石>低镁方解石)。但是不稳定的文石和高镁方解石在成岩过程中向低镁方解石转化时, Sr 的含量相应降低,而稳定的低镁方解石中 Sr 的含量在成岩作用过程中并不发生变化,结果反而造成低镁方解石中 Sr 的含量大于由文石或高镁方解石转化而成的低镁方解石。这样由原始沉积环境所控制的矿物组成的不同,经成岩转化后,造成了 Sr 的含量由浅水向深水逐渐增加的分布特点,即含生物碎屑的灰岩有利于 Sr 的富集。而在沉积相分析中,鲕粒灰岩为主的浅滩环境 Sr 并没有降低,而是表现出较高的值,说明在成岩过程 Sr 并没有损失很大,与传统的研究结果存在很大的差别。

4.2 样品选择的重要性

研究中采集了 3 个沉积旋回的样品,取样范围较大。为了使沉积环境与元素含量的对应关系更为可信,分析元素分布与沉积环境关系时,只选取了具有可比性、样品数量相对较大的同一沉积旋回的馒头组—亮甲山组旋回样品数据,而另外两个旋回由于样品量较少,缺乏连续性和代表性,而不能进行元素分布与沉积环境关系分析。因此,由于取样的针对性较差,未能进行不同沉积旋回中,微量元素与沉

积环境关系的对比,达到进一步验证微量元素能够反映特定沉积环境的目的。

5 结 论

- (1)Sr 对沉积环境具有重要的指示意义,能够反映历史上沉积环境的总体变化,但是,成岩作用的影响不容忽视,有待于进一步研究。
- (2) Sr/Ba、Sr/Cu 值仍不失为良好的的古气候、古环境指示剂。
- (3) Sr 含量与 Sr/Ba、Sr/Cu 比值相结合,是研究古环境的最佳指示剂之一。

参 考 文 献

鲍亦冈,刘振铎,王世发,等. 2001. 北京地质百年研究. 北京:地质出版社, 56~74.

北京市地质矿产局编. 1991. 北京市区域地质志. 北京:地质出版社.

胡明毅. 1994. 塔河柯坪奥陶系碳酸盐岩地球化学特征及环境意义. 石油与天然气地质, 15(2): 158~162.

胡明毅. 1999. 中扬子台地北缘上震旦碳酸盐岩中锶的分布特征及环境意义. 岩石矿物学杂志, 18(3): 243~246.

贾振远. 1986. 华北地台东部奥陶系地层南北向沉积环境特征. 沉积学报, 4: 41~51.

李双应,金福全. 1995. 碳酸盐岩成岩作用的微量元素地球化学特征. 石油实验地质, 17(1): 55~62.

刘文均. 1989. 湖南泥盆系碳酸盐岩中锶的分布及其沉积环境. 沉积学报, (2): 15~19.

倪善芹,琚宜文,侯泉林,等. 2009. 铁氧化物在重金属元素迁移风化过程中的作用对比及碳酸盐岩中重金属元素的富集. 自然科学进展, 19(1): 61~68.

史忠生,陈开远,史军,柳保军,何胡军,刘刚. 2003. 运用锶钡比判定沉积环境的可行性分析. 断块油气田, 10(2): 12~16.

Baker P A, Burns S J. 1985. Occurrence and formation of dolomite in organic-rich continenta margin sediments. Bull. Am. Ass. Petral. Geal. , 69: 1917~1930.

Brand U, Veizer J. 1980. Chemical diagenesis of a multi-component carbonate system—1. Trace elements. J. Sediment. Petrol. , 50: 1219~1236.

Fouke B W, Schlager W, Vandamme M G M, Henderiks J, Hilten B V. 2005. Basin-to-platform chemostratigraphy and diagenesis of the Early Cretaceous Vercors carbonate platform, SE France. Sedimentary Geology, 175(1~4): 297~314.

Huang Wenhui, Min Yang, Yu Bingsong, Tailiang Fan, Chu Guangzhen, Wan Huan, Zhu Jingquan, Wang Xu, Wu Shiqiang. 2006. Strontium isotope composition and characteristic analysis of Cambrian—Ordovician carbonate in the region of Tazhong, Tarim basin. Journal of China University of Geosciences, 17(3): 246~257.

Ingerson E. 1962. Problems of the geochemistry of sedimentary carbonate rocks. Geochimica et Cosmochimica Acta, 26(8): 815~847.

Qi L, Hu J, Gregoire D C. 2000. Determination of trace elements in granites by inductively coupled plasma mass spectrometry. Talanta, 51 (3): 507~513.

Tripathi A K, Allmon W D, Sampson D E. 2009. Possible evidence for a large decrease in seawater strontium/calcium ratios and strontium concentrations during the Cenozoic. Earth and Planetary Science Letters, 282(1~4): 122~130.

Tucker M E, Wright V P. 1990. Carbonate sedimentology. Oxford London: Blackwell Scientific Publications, 314~400.

Veizer J, Demovic R. 1973. Environmental and climatic controlled fraction of elements in western Carpathims. Jour. Sed. Petrology, 43(1): 258~271.

Veizer J, Demovic R. 1974. Strontium as a tool in facies analysis. Jour. Sed. Petrology, 44(1): 93~115.

Geochemical Characteristics of Carbonate Rocks and Its Geological Implications
——Taking the Lower Palaeozoic Carbonate Rock of Beijing Area as an Example

NI Shanqin¹⁾, HOU Quanlin²⁾, WANG Anjian¹⁾, JU Yiwen²⁾

1) Institute of Mineral Resources, Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037;
2) College of Earth Science, Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049

Abstract

The Sr, Ba and Cu contents of 49 samples from the Lower Paleozoic carbonate rock strata of Beijing were determined by ICP-MS, the geological response of Sr content and the ratios of Sr/Ba and Sr/Cu to different sedimentary environments was analyzed systematically. From coastal sea to deep-sea environment Sr content and the ratios of Sr/Ba increase, they are of important indicative function on sedimentary environment. The characters of Sr in different lithologies and sedimentary cycles were also discussed in detail, the effect of diagenesis on the distribution of Sr in carbonate rock can't be neglected.

Key words: carbonate rock; strontium; sedimentary environment; diagenesis

