

塔北柯坪奥陶系碳酸盐岩地球化学 特征及环境意义

胡明毅

(江汉石油学院地质系, 湖北江陵 434102)

塔里木盆地北部柯坪地区奥陶系可分为浅水台地和深水台盆两个相区以及5种不同类型的相带。化学分析表明该区地球化学特征与沉积环境有着极为密切的关系:(1)无论是常量元素,还是微量元素,在浅水台地相区其含量均较低,而在深水台盆相区其含量明显增加。(2)随着水体加深,由局限台地相过渡到盆地相, $Sr/Ca \times 1000$ 比值由2.9逐渐增加到6.4。上述特征表明该区地球化学特征可作为相分析的标志之一。

关键词 地球化学特征 沉积相 碳酸盐岩 奥陶系 柯坪

作者简介 胡明毅 男 28岁 讲师 石油地质与沉积学

奥陶系是塔里木盆地油气勘探的重要目的层系之一。笔者在研究塔里木盆地北部柯坪地区奥陶系沉积特征的同时,系统采集了不同层位,不同相带的岩石样品,并进行了化学分析。分析结果表明该区碳酸盐岩地球化学特征与沉积环境有着密切的关系,可作为判别沉积相的标志之一。

一、沉积特征

研究区位于塔里木盆地西北缘,奥陶系出露比较齐全,自下而上分别为蓬莱坝组 (O_{1p})、鹰山组 (O_{1y})、大湾沟组 (O_{1d})、萨尔干组 (O_{1-2s})、坎岭组 (O_{2k})、其浪组 (O_{2-3q}) 和印干组 (O_{3y}),仅奥陶系顶部有部分缺失。区内奥陶系以碳酸盐沉积为主,根据岩石类型组合、沉积构造及生物化石组合,可划分为浅水台地和深水台盆两个相区及5种不同的相带(表1)。

表1 柯坪地区奥陶系沉积相

1. 碳酸盐台地相区	1. 局限台地相
	2. 开阔台地相
	3. 台地边缘滩相
1. 台盆相区	4. 浅海陆棚相
	5. 盆地相

1. 局限台地相

典型层位为下奥陶统蓬莱坝组,其岩性为叠层石灰岩、泥晶灰岩、泥晶白云岩夹泥晶砂屑灰岩,叠层石构造、鸟眼构造及水平层理发育,生物仅见有腹足和藻屑,显示出水动力能量较弱,海水较为封

闭的局限台地沉积环境特征。

2. 开阔台地相

分布于下奥陶统鹰山组,该相带在岩石类型组合、生物化石等方面均有别于局限台地相带,其岩性以浅灰色亮晶球粒灰岩为主夹泥晶灰岩、亮晶砂屑灰岩、藻屑灰岩等,三叶虫、介形虫、腹足类、藻屑、棘皮屑等非常丰富,显示出水动力能量相对较高的开阔台地浅滩与水动力较低的开阔台地滩间海交互沉积的特点。

3. 台地边缘滩相

典型层位位于大湾沟组下部,由亮晶生物屑灰岩和含生物屑藻粘结灰岩组成,生物碎屑丰富,主要有三叶虫、棘皮类、腕足类、角石、介形虫和藻屑等,颗粒磨圆度好,分选中等,填隙物全为亮晶。未见陆源碎屑及暴露成因标志。根据其产出的位置和沉积特征可与开阔台地浅滩亚相区别。

4. 浅海陆棚相

分布于大湾沟组(O_1d)上部和坎岭组(O_2k)、其浪组(O_{2-3q}),为灰色钙质泥岩与薄层或瘤状含泥(质)泥晶灰岩互层,钙质泥岩中含海绿石及黄铁矿,生物化石主要有头足、介形、腕足类和笔石等,水平层理发育,显示出水体较为安静的特征。

5. 盆地相

典型层位为萨尔干组(O_{1-2s})和因干组(O_{3y}),为灰黑色薄层钙质泥岩夹深灰色薄层泥晶灰岩,水平纹层发育,生物化石以浮游的笔石为主,见有黄铁矿晶体,属强还原环境。

总之,塔里木柯坪地区奥陶系以碳酸盐沉积为主,下部为浅水碳酸盐台地沉积,上部为深水台盆沉积,总体表现为一个大的海侵沉积序列,但在中奥陶世早期有一次短暂的海退。

二、地球化学特征

对研究区内不同相带进行系统采样,全部样品都经破碎,然后选用新鲜的样品,并由中国地质大学测试中心采用等离子光谱仪进行测定,并对分析结果按沉积相进行统计(表2)。

1. 常量元素特征

K和Na元素:这两个元素的变化规律很相似,在浅水台地相区含量很低,一般小于或等于0.01%,而在深水台盆相区其含量明显增加,钾的平均值为0.95%,钠的平均值为0.28%—0.29%。

Fe和Al元素:在浅水台地相区含量较低,而在深水台盆相区含量明显增加,盆地相中含量最高,这可能与该相带处于氧化-还原界面之下的还原环境有关。

2. 微量元素特征

Sr和Ba元素:从局限台地相→开阔台地相→台地边缘滩相→浅海陆棚相→盆地相,其含量逐渐增加。以Ba元素为例,随着水深加大,其含量由 $30.2 \times 10^{-6} \rightarrow 48.2 \times 10^{-6} \rightarrow 53 \times 10^{-6} \rightarrow 252.9 \times 10^{-6} \rightarrow 271.5 \times 10^{-6}$ 。

Mn、V、Ni和B元素:在浅水台地相区含量较低,而在深水台盆地区含量明显增加。

以微量元素的含量为横坐标,以地层剖面为纵坐标,投点后得出图1,从图中可以更清楚地看出区内碳酸盐岩的微量元素变化规律。除微量元素Ni外,微量元素Sr、Ba、Mn、V、B的变化规律非常明显,即在浅水台地相区含量较低,随着水体加深进入台盆相区后,其含量明

显增加。贾振远^[1]在研究鄂尔多斯盆地南缘奥陶系沉积特征时,曾发现该区微量元素 Sr、Ba、V、Ni、B 的含量由浅水台地相区到深水斜坡和盆地相区有明显的增加趋势。

表2 柯坪地区奥陶系碳酸盐岩地球化学特征

沉积相	层位	岩性	常量元素 (%)				微量元素 (10^{-6})					
			K	Na	Al	Fe	Sr	Ba	V	Ni	Mn	B
盆地相	O _{3y} -26	泥灰岩	1.08	0.23	3.35	16.44	282	307	99	14	589	30
	O _{3y} -22	泥灰岩	0.95	0.23	3.19	0.24	286	284	138	1	166	26
	O _{1-2s} -3	泥灰岩	/	0.32	4.76	3.49	335	286	123	9	257	88
	O _{1-2s} -2	泥灰岩	/	0.37	4.15	4.36	215	207	107	10	222	48
	O _{1-2s} -1	泥灰岩	2.07	0.37	4.77	6.75	217	348	164	91	94	60
	O _{1-2s} -1	泥灰岩	1.60	0.22	4.22	10.54	157	197	88	71	80	45
	平均	?	0.95	0.28	4.07	6.97	248.7	271.5	119.8	37.7	234.7	49.5
浅海陆棚相	O _{2q} -21	泥灰岩	0.22	0.59	2.25	0.22	209	318	61	71	233	10
	O _{2q} -18	泥灰岩	0.40	0.10	1.68	0.19	282	103	60	60	157	10
	O _{2q} -16	泥灰岩	0.43	0.14	1.39	0.22	293	229	50	35	274	10
	O _{2q} -14	泥灰岩	1.05	0.23	2.55	0.45	280	228	86	56	430	30
	O _{2q} -11	泥灰岩	0.83	0.29	2.44	0.52	299	213	74	35	329	30
	O _{2q} -9	泥灰岩	1.12	0.48	3.53	1.72	240	340	86	27	378	40
	O _{2k} -6	泥灰岩	3.53	0.47	7.35	4.98	144	539	106	56	189	320
	O _{1d} -30	泥灰岩	<0.01	0.01	0.23	0.55	67	53	17	18	93	10
	平均		0.95	0.29	2.68	1.11	226.8	252.9	67.5	66	260.4	57.5
台缘滩	O _{1d} -26	生物屑灰岩	<0.01	0.01	0.09	0.46	195	53	14	1	32	<1
开阔台地相	O _{1y} -25	藻屑灰岩	<0.01	0.01	0.13	0.30	183	15	15	5	19	<1
	O _{1y} -23	泥晶灰岩	<0.01	<0.01	0.07	0.22	128	34	6	<1	26	<1
	O _{1y} -21	球粒灰岩	<0.01	0.01	0.09	0.33	149	28	16	42	44	<1
	O _{1y} -19	球粒灰岩	<0.01	<0.01	0.12	0.41	134	49	20	80	22	<1
	O _{1y} -15	泥晶灰岩	<0.01	0.01	0.09	0.36	140	135	21	58	17	<1
	O _{1y} -13	球粒灰岩	<0.01	0.01	0.09	0.35	95	28	18	38	23	<1
	平均		<0.01	0.01	0.10	0.33	138.2	48.2	16	37.2	25.2	<1
局限台地相	O _{1p} -10	泥晶灰岩	<0.01	<0.01	0.05	0.29	119	22	24	11	20	<1
	O _{1p} -8	藻屑灰岩	<0.01	<0.01	0.13	0.66	116	17	23	<1	25	<1
	O _{1p} -7	藻屑灰岩	<0.01	<0.01	0.06	0.35	119	63	24	<1	21	<1
	O _{1p} -6	泥晶灰岩	<0.01	0.01	0.32	1.31	67	19	28	<1	54	<1
	平均		<0.01	<0.01	0.14	0.65	105.3	30.2	24.8	2.8	30	<1

控制和影响碳酸盐岩中微量元素分布的因素十分复杂,如古地理条件、古构造变动、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。

综合上面分析可以看出:区内碳酸盐岩无论是常量元素,还是微量元素,随着相带的变化,其含量明显的不同,在浅水台地相区含量较低,在深水台盆相区其含量明显增加。

三、锶的分布特征

锶是碳酸盐岩中重要的微量元素之一,许多学者研究了它的地球化学特征,并把它作为碳酸盐沉积和成岩作用过程中的重要元素^[2-5]。这主要是因为:(1) Sr 与 Ca、Mg、Ba 等元素

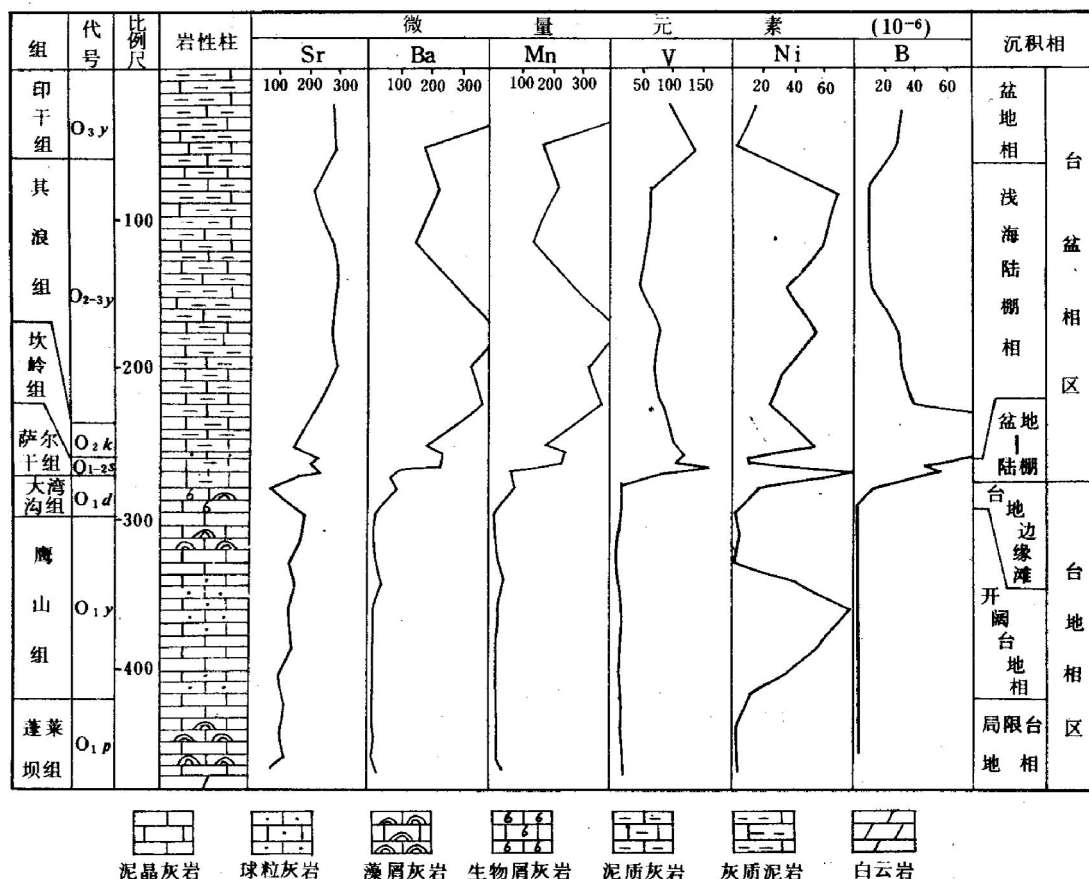


图1 柯坪地区奥陶系微量元素纵向变化规律

同属ⅡA族，离子半径与Ca²⁺相近，因此常在碳酸盐矿物中置换Ca的位置。(2)不同碳酸盐组份的碳酸盐矿物成分是不相同的，锶的含量也有所不同，通常文石中锶的含量最高，高镁方解石次之，低镁方解石最低。(3)海水和淡水中的Ca、Sr的平均含量差别很大，海水中Ca: 4×10^{-6} 、Sr: 8×10^{-6} ，淡水中Ca: 14.6×10^{-6} 、Sr: 0.06×10^{-6} ，因此当碳酸盐岩在沉积或成岩过程中有淡水加入时，就会影响Sr的含量。上述这些特点，都在不同程度上直接或间接影响了Sr在碳酸盐岩中的分布。

从表1中可以看出，区内碳酸盐岩中锶随着水体的加深，沉积相的变化，其含量明显增加。从局限台地相到开阔台地相、台地边缘滩相、浅海陆棚相、盆地相，锶的平均含量分别为 105.3×10^{-6} 、 138.2×10^{-6} 、 195×10^{-6} 、 226.8×10^{-6} 、 248.7×10^{-6} 。

从图2中可以看出不同相带中Sr/Ca×1000比值的变化规律。局限台地相中的Sr/Ca×1000比值变化范围为1.8~3.3，平均值为2.9，开阔台地相中的Sr/Ca×1000比值变化范围为2.6~5.0，平均值为3.8，台地边缘滩相中的Sr/Ca×1000比值为5.3，浅海陆棚相中的Sr/Ca×1000比值变化范围为1.2~8.2，平均值为6.0，盆地相中的Sr/Ca×1000比值变化范围为5.1~7.7，平均值为6.4。随着水体逐渐加深，碳酸盐岩中Sr/Ca×1000的比值逐渐增大。

Veizer等^[4,5]在研究西喀尔巴阡山中部的中生代碳酸盐岩沉积时，就曾发现过由浅滩白云岩到深海灰岩锶的逐渐增加。刘文均^[6]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。

锶的这一分布特征，不同的学者有不同的解释，但大部分学者都认为主要受两个方面因

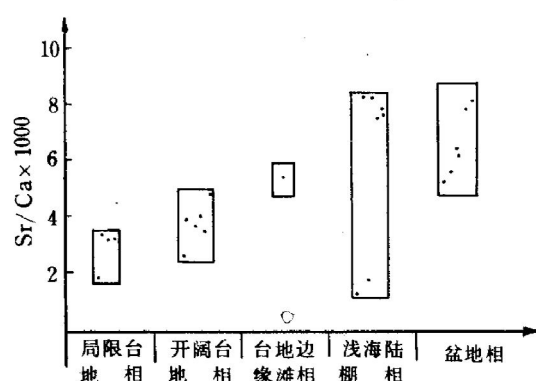


图2 柯坪地区奥陶系不同相带中
Sr/Ca×1000 比值变化

素的控制:(1)与沉积环境所决定的原始沉积特征有关。(2)与成岩作用有关。Veizer等^[4,5]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。这三种碳酸盐矿物中锶的含量差别很大(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,造成了锶的含量由浅水向深水逐渐增加的分布特点。利用微量元素锶和 Sr/Ca×1000 比值变化规律,可以用来判别沉积环境。

四、结 论

(1) 塔里木盆地柯坪地区奥陶系以碳酸盐沉积为主,该区可分为浅水台地和深水台盆两个相区以及局限台地、开阔台地、台地边缘滩、浅海陆棚和盆地等5种不同类型的相带。

(2) 不同相带的碳酸盐岩其沉积地球化学特征明显不同,不论是常量元素钠、钾、铁、铝,还是微量元素锶、钡、锰、钒、镍、硼等,由浅水台地相区到深水台盆相区其含量明显增加。

(3) 微量元素锶的含量和 Sr/Ca×1000 比值与沉积环境密切相关。随着水体加深,从局限台地相到深水盆地相,微量元素锶的含量逐渐增加, Sr/Ca×1000 比值从 2.9 增加到 6.4,其原因是因为不同环境中矿物组分不同影响了锶的分布,因此锶的含量和 Sr/Ca×1000 比值的变化可以用来划分沉积相。

参 考 文 献

- 1 贾振远. 一个碳酸盐沉积古斜坡的基本特征. 石油与天然气地质, 1988, 9 (2), 171—177
- 2 贾振远. 碳酸盐沉积相和沉积环境. 武汉: 中国地质大学出版社, 1989, 40—43
- 3 刘岫峰. 沉积岩实验室研究方法. 北京地质出版社, 1991. 206—207
- 4 Veizer J, Demovic R. Environmental and climatic controlled fractionation of elements in mesozoic carbonate sequences of the western Carpathians. *Jour. Sed. Petrology*, 1973, 43 (1): 258—271
- 5 Veizer J, Demovic R strontium as a tool in facies analysis. *Jour. Sed. Petrology*, 1974, 44 (1): 93—115
- 6 刘文均. 湖南泥盆系碳酸盐岩中锶的分布及其沉积环境. 沉积学报, 1989, (2): 15—19

GEOCHEMICAL CHARACTERS AND ENVIRONMENTAL SIGNIFICANCE OF ORDOVICIAN CARBONATE ROCKS IN KEPING AREA, TARIM BASIN

Hu Mingyi

(Jiangnan Petroleum Institute, Jiangling, Hubei)

Abstract

Ordovician System in Keping area of Northern Tarim Basin is dominated by carbonate sediments and can be divided into platform and platform-basin facies zones and subdivided into five different facies types: restricted platform, open platform, platform marginal shoal, neritic shelf and basin.

Geochemical analyses indicates that geochemical characters are closely related to sedimentary environment in the study area: 1. Different facies types have different geochemical characters, the contents of elements K, Na, Fe, Al and trace elements Sr, Ba, Mn, V, Ni and B are low in the platform facies zone, but increase largely in the platform-basin facies zone, e. g., the average content of K is less than 0.01% in the platform facies zone, and it is 0.95% in the platform-basin facies zone. 2. The average Sr content and $\text{Sr/Ca} \times 1000$ ratio tend to increase gradually from restricted platform $\rightarrow$ open platform $\rightarrow$ platform marginal shoal $\rightarrow$ neritic shelf $\rightarrow$ basin, the ratio increases from 2.9 $\rightarrow$ 3.8 $\rightarrow$ 5.3 $\rightarrow$ 6.0 $\rightarrow$ 6.4. The author agrees with J. Veizer et al that this is related to different primary carbonate minerals in different sedimentary environments.