

# 河北宽城崖门子中元古界高于庄组地球化学特征及其沉积环境意义

彭楠,李家华,陈铭培

(长江大学地球科学学院,湖北荆州 434023)

**摘要** 河北宽城崖门子剖面的高于庄组属于中元古界长城系,下伏长城系大红峪组,上覆中元古界蓟县系杨庄组,沉积年限 200 Ma (1800 ~ 1600 Ma),共划分为 4 个亚组,自下而上为官地亚组、桑树鞍亚组、张家峪亚组和环秀寺亚组,为一套厚 940 m 的碳酸盐岩沉积地层。从常量元素和微量元素 2 个方面探讨了高于庄组的地球化学特征。通过对岩石样品测试结果的分析,各种元素含量在岩石地层界线附近变化较明显,说明地球化学特征可以辅助划分沉积地层或对已划分的地层界线进行优化。另外,据 CaO/MgO、Ca/(Ca+Fe)和 Sr/Ba 比值及 V、Ti 元素特征分析,该研究区高于庄组为较干热气候下的海洋环境沉积。

**关键词** 中元古界;高于庄组;地球化学特征;沉积环境;河北宽城崖门子

## 1 概述

研究区位于河北省宽城县崖门子(图 1)。该地区高于庄组地层出露良好,具有较好的连续性与代表性。其位于中元古界长城系顶部,下伏中元古界长城系大红峪组,上覆中元古界蓟县系杨庄组,沉积年限 200 Ma (1800 ~ 1600 Ma),划分为 4 个亚组,自下而上为官地、桑树鞍、张家峪和环秀寺亚组,共 174 层,剖面实测厚度为 938.62 m。

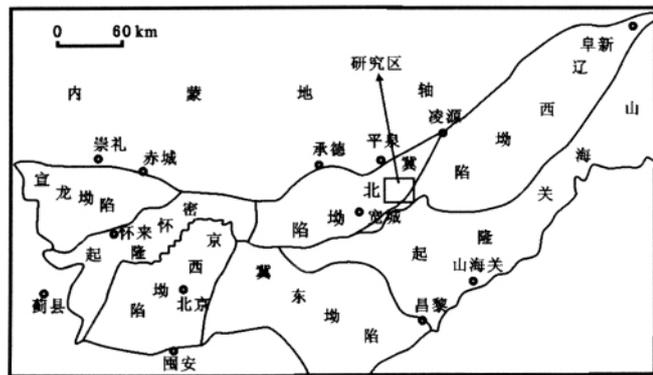


图 1 研究区位置图

Fig. 1 Location map of the studied area

古元古代末期,经吕梁-中岳运动,华北地区最早固结形成了华北原地台。中元古代早期(约 1800 Ma),华北原地台出现了大规模的断裂,燕山裂陷槽即是华北原地台北部的最显著的形成的以潮汐沉积为主的碳酸盐岩系沉积物。

官地亚组:底部为厚约 13 m 的石英砂岩,向上为

含燧石条带、结核、叠层石的白云岩夹泥质白云岩、石英砂岩薄层或条带,以含陆屑和锰为特征。白云岩中叠层石发育,呈层状、波状、锥状、柱状和球状,砂岩中层理发育,可见平行层理、单向和双向交错层理。厚 255.94 m。

桑树鞍亚组:下部以薄层泥质粉砂岩和含锰页岩为主,向上过渡为含锰白云岩和含锰粉砂质白云岩,然后过渡为含锰细晶白云岩。厚 124.37 m。

张家峪亚组:由深灰色灰质白云岩、白云质灰岩、灰色含瘤状灰岩的页岩、硅质岩、泥晶白云岩组成。岩层表现为中-薄层。该组下部为瘤状灰岩透镜体,呈多层分布。厚 449.62 m。

环秀寺亚组:由深灰色白云质灰岩、藻席白云岩、含燧石结核泥晶白云岩、白云质页岩、硅结壳及岩溶角砾岩组成。厚 108.62 m。

## 2 样品的采集

样品采自河北宽城县尖山子村崖门子剖面,共获得常量元素 31 件、微量元素 32 件。样品岩性主要为白云岩和灰岩,石英砂岩和白云质砂岩少量。

## 3 样品分析结果

研究采集的所有样品均由天津地质矿产研究所分析测试中心分析。表 1、2 分别列出了样品的常量元素和微量元素的分析数据。

表1 高于庄组常量元素分析结果

Table 1 Major element contents of the Gaoyuzhuang Formation

亚组	样品编号	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca/(Ca+Fe)	CaO/MgO
环秀寺亚组	G31	18.62	12.74	0.052	0.080	0.40	0.06	0.997	1.461
环秀寺亚组	G30	15.04	9.67	0.016	0.051	0.09	0.13	0.991	1.557
环秀寺亚组	G29	49.27	4.39	0.059	0.081	0.24	0.07	0.999	11.228
环秀寺亚组	G28	41.14	6.77	0.053	0.053	0.21	0.01	1.000	6.080
环秀寺亚组	平均	31.02	8.39	0.045	0.066	0.23	0.07	0.998	3.697
张家峪亚组	G27	31.99	11.49	0.381	0.058	1.40	0.18	0.994	2.785
张家峪亚组	G26	26.32	11.49	0.479	0.062	2.03	0.22	0.992	2.290
张家峪亚组	G25	27.55	13.53	0.261	0.053	1.35	0.14	0.995	2.036
张家峪亚组	G24	25.61	14.59	0.665	0.093	2.00	0.22	0.991	1.756
张家峪亚组	G23	26.56	17.79	0.538	0.050	0.98	0.29	0.989	1.493
张家峪亚组	G22	40.20	4.37	0.856	0.073	1.26	0.27	0.993	9.198
张家峪亚组	G21	37.71	3.37	1.327	0.084	2.21	0.37	0.990	11.187
张家峪亚组	G20	30.88	7.15	0.642	0.070	1.15	0.19	0.994	4.317
张家峪亚组	G19	47.83	1.75	0.928	0.075	1.35	0.35	0.993	27.330
张家峪亚组	G18	32.14	10.07	1.406	0.039	2.40	0.35	0.989	3.191
张家峪亚组	G17	26.48	15.11	0.867	0.036	1.62	0.11	0.996	1.752
张家峪亚组	平均	32.12	9.92	0.759	0.063	1.61	0.24	0.993	3.238
桑树鞍山组	G16	30.44	17.03	0.560	0.045	1.18	0.16	0.995	1.788
桑树鞍山组	G15	26.57	16.06	0.962	0.034	1.38	0.10	0.996	1.654
桑树鞍山组	G14	28.53	18.74	0.315	0.037	0.65	0.08	0.997	1.523
桑树鞍山组	G13	28.24	18.54	0.430	0.026	1.04	0.19	0.993	1.524
桑树鞍山组	平均	28.45	17.59	0.567	0.036	1.06	0.13	0.995	1.617
官地亚组	G12	12.63	8.15	6.912	0.079	8.26	1.22	0.912	1.550
官地亚组	G11	22.97	14.97	0.074	0.039	0.13	0.24	0.990	1.535
官地亚组	G10	30.45	20.15	0.043	0.056	0.08	0.09	0.997	1.511
官地亚组	G9	22.73	14.87	0.354	0.048	0.77	0.14	0.994	1.529
官地亚组	G8	25.59	16.39	0.370	0.079	0.74	0.19	0.993	1.562
官地亚组	G7	19.70	12.12	0.152	0.067	0.50	0.18	0.991	1.625
官地亚组	G6	24.26	15.78	0.236	0.049	0.44	0.14	0.994	1.538
官地亚组	G5	16.15	10.46	2.403	0.068	3.95	0.51	0.969	1.544
官地亚组	G4	18.41	12.35	3.027	0.136	4.46	0.36	0.981	1.491
官地亚组	G3	15.41	10.09	0.167	0.100	0.30	0.08	0.995	1.526
官地亚组	G2	19.23	12.78	0.397	0.113	0.66	0.13	0.993	1.505
官地亚组	G1	2.60	1.58	0.946	0.175	0.82	0.25	0.912	1.644
官地亚组	平均	19.18	12.47	1.257	0.084	1.76	0.29	0.985	1.538
平均		26.49	11.75	0.835	0.068	1.42	0.23	0.991	2.254
蓟县		24.11	16.01	1.880	0.200	0.70	0.70		

含量单位: %。蓟县资料据文献[1]。

#### 4 地层地球化学特征

##### 4.1 地层常量元素地球化学特征

从表1中可以看出,高于庄组碳酸盐岩的化学成分以CaO和MgO为主,其含量CaO > MgO。其他化学成分含量依次为Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、K<sub>2</sub>O、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>O。

在变化上,各常量元素的含量波动较大,规律性不明显。总体上,CaO的含量逐渐增加,只在该组的顶部含量开始突然降低;MgO的含量只在张家峪亚组和环秀寺亚组的下部出现低值,原因是在这些层位以灰岩、瘤状灰岩和灰质结核白云岩岩性出现,

表 2 高于庄组微量元素分析结果

Table 2 Trace element contents of the Gaoyuzhuang Formation

亚组	样品编号	Pb	V	Rb	Sr	Ba	Ti	Sr/Ba
环秀寺亚组	G32	2.4	22.7	24.8	42.6	439.4	539.7	0.10
环秀寺亚组	G31	3.0	21.6	0.5	24.8	13.9	59.2	1.79
环秀寺亚组	G30	4.0	17.6	1.5	37.3	19.6	131.4	1.91
环秀寺亚组	G29	2.1	11.5	1.6	145.3	22.8	99.8	6.37
环秀寺亚组	平均	2.9	18.3	7.1	62.5	123.9	207.5	0.50
张家峪亚组	G28	3.9	19.6	8.3	142.4	49.6	289.0	2.87
张家峪亚组	G27	3.2	23.3	11.1	100.8	67.0	361.1	1.50
张家峪亚组	G26	2.8	16.8	7.9	161.4	39.2	205.4	4.12
张家峪亚组	G25	8.0	36.4	15.9	105.3	69.5	495.2	1.51
张家峪亚组	G24	7.1	21.3	14.6	99.9	65.2	439.8	1.53
张家峪亚组	G23	7.6	20.1	13.9	77.2	51.1	317.6	1.51
张家峪亚组	G22	4.2	17.0	14.7	26.5	42.9	318.6	0.62
张家峪亚组	G21	7.8	17.0	13.6	60.9	47.6	369.8	1.28
张家峪亚组	G20	3.4	15.3	10.4	59.9	43.7	264.9	1.37
张家峪亚组	G19	6.1	42.6	31.2	43.0	95.2	680.3	0.45
张家峪亚组	G18	3.2	12.3	10.6	29.3	29.5	221.0	0.99
张家峪亚组	G17	5.0	17.5	27.3	26.1	72.4	615.8	0.36
张家峪亚组	G16	2.8	15.7	14.6	31.6	44.5	355.0	0.71
张家峪亚组	平均	5.0	21.1	14.9	74.2	55.2	379.5	1.34
桑树鞍山组	G15	2.9	17.1	10.5	42.4	63.8	271.8	0.66
桑树鞍山组	G14	18.8	19.4	12.2	16.1	34.9	274.2	0.46
桑树鞍山组	G13	12.9	13.9	10.2	22.7	44.7	320.0	0.51
桑树鞍山组	平均	11.5	16.8	10.9	27.1	47.8	288.7	0.57
官地亚组	G12	15.7	55.1	166.5	27.8	560.4	2802.0	0.05
官地亚组	G11	3.7	17.8	2.8	21.5	25.5	106.8	0.84
官地亚组	G10	6.9	20.6	18.8	40.0	96.4	518.4	0.41
官地亚组	G9	5.6	5.6	3.9	42.8	509.3	105.5	0.08
官地亚组	G8	6.1	23.3	30.5	77.2	267.2	884.3	0.29
官地亚组	G7	4.2	13.6	4.0	26.6	500.8	140.2	0.05
官地亚组	G6	4.6	16.5	4.0	47.3	44.1	147.0	1.07
官地亚组	G5	4.4	15.7	5.7	34.1	42.1	158.5	0.81
官地亚组	G4	4.6	14.3	17.5	31.2	87.0	378.7	0.36
官地亚组	G3	5.7	16.5	43.3	54.7	372.3	713.6	0.15
官地亚组	G2	5.4	12.0	7.0	28.5	37.8	206.7	0.75
官地亚组	G1	4.5	10.4	19.0	9.5	88.4	385.1	0.11
官地亚组	平均	5.9	18.5	26.9	36.8	219.3	545.6	0.17
平均		5.7	19.4	18.1	54.3	124.6	411.8	0.44
碳酸盐岩微量元素平均值		9.0	2.2	3.0	610.0	10.0	400.0	

含量单位:  $10^{-6}$ . 碳酸盐岩微量元素平均值据文献[1, 2].

其 CaO 含量相对较高. 而在以白云岩为主的岩性段中, 则出现高 MgO, 低 CaO. 可以看出, CaO、MgO 含量的变化与地层岩性的变化比较一致.  $Al_2O_3$ 、 $K_2O$ 、 $Fe_2O_3$  的含量变化之间具有明显的正相关(图 2), 它

们主要赋存于陆源泥质中, K 是伊利石黏土的主要组分, Fe、Ti 也被吸附于黏土矿物中, 是黏土矿物的主要组分<sup>[3]</sup>.  $Na_2O$  与 MgO 的含量变化之间具有负相关性.

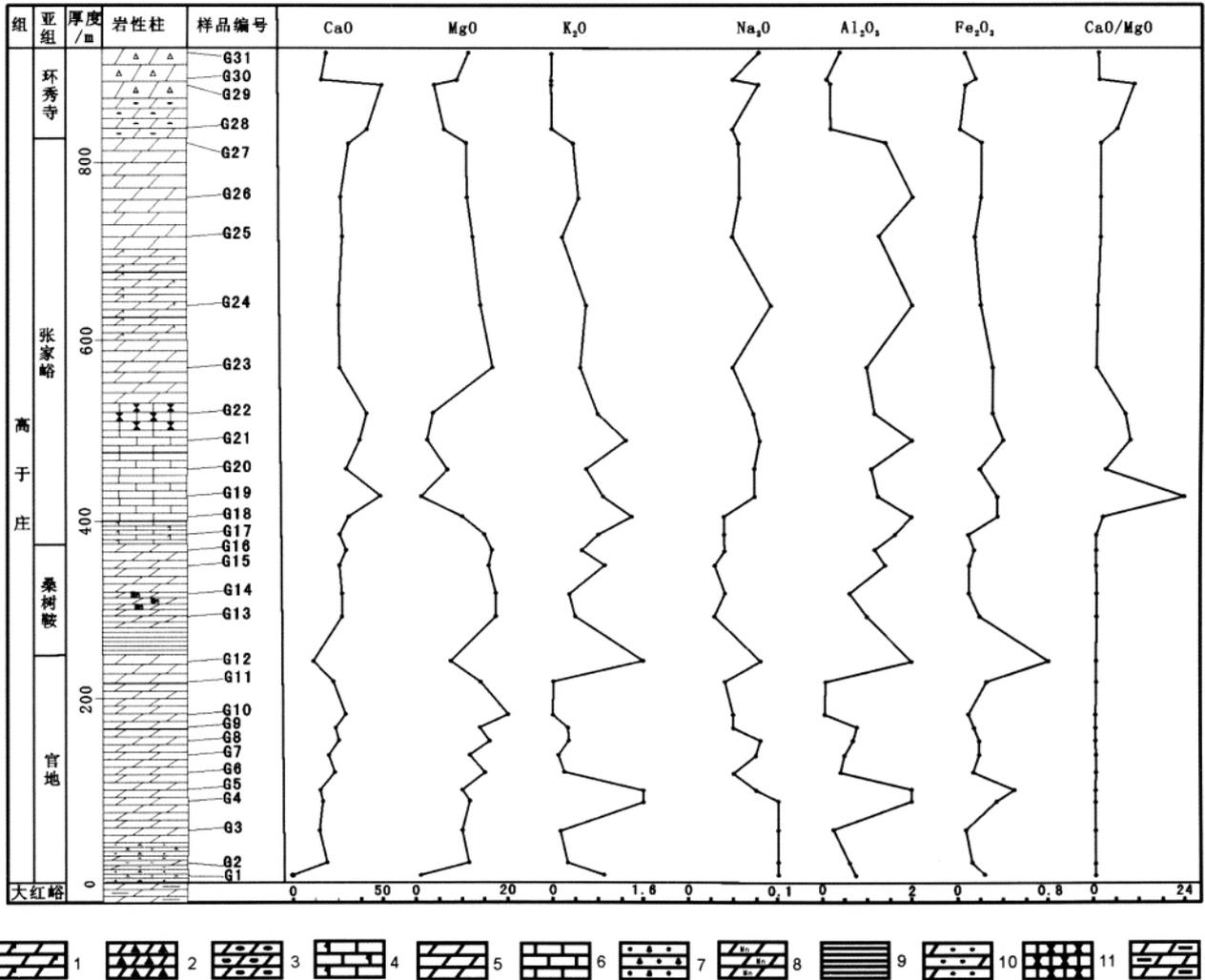


图 2 高于庄组常量元素质量分数曲线

Fig. 2 The mass fraction curves of major elements of Gaoyuzhuang formation

1—灰质白云岩 (lime-dolostone); 2—角砾白云岩 (breccia dolostone); 3—灰质结核白云岩 (lime-nodular dolostone); 4—白云质灰岩 (dolomitic limestone); 5—白云岩 (dolostone); 6—灰岩 (limestone); 7—石英砂岩 (quartz sandstone); 8—含锰白云岩 (Mn-bearing dolostone); 9—页岩 (shale); 10—白云质砂岩 (dolomitic sandstone); 11—瘤状灰岩 (knobby limestone); 12—泥质白云岩 (argillaceous dolostone)

与蓟县中、新元古代碳酸盐岩常量元素平均含量<sup>[1]</sup>相比,宽城高于庄组 CaO 和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的平均含量高, MgO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>O 的平均含量低, K<sub>2</sub>O 的含量基本相当(见表 1)。

高于庄组内各亚组常量元素含量也存在差异,高于庄组张家峪亚组和环秀寺亚组以高 CaO (质量分数平均分别为 32.12%和 31.02%)、低 MgO(质量分数平均分别为 9.92%和 8.39%)及 CaO/ MgO 值也较别的亚组高(分别为 3.238 和 3.697)为特点。

#### 4.2 地层微量元素地球化学特征

在纵向上,各微量元素的含量同样波动较大,规律性也不明显。总体上, V、Ba、Ti 的含量变化呈正相关,具有同步演变的特点, Rb 和 Sr 含量变化基本上呈现

出负相关; V 的含量整体比较低,但在张家峪亚组下部和中上部以及官地亚组的顶部出现了 3 次异常高值,这可能与沉积时有大量的泥质物质供应有关。

把所测的各种微量元素的平均含量同碳酸盐岩微量元素的平均含量<sup>[2,4]</sup>相比,前者 V、Ba、Rb 的平均含量远远高于碳酸盐岩中的平均含量; Ba 的平均含量与碳酸盐岩中的平均含量接近; Pb 的平均含量略低于碳酸盐岩中的平均含量(见表 2)。

虽然高于庄组内各种微量元素变化规律不明显,但各种微量元素的含量具有一定的差异,表现在:官地亚组岩石中 Pb、Rb、V、Sr 的含量低, Ba 的含量高;桑树鞍亚组岩石中 V、Sr 的含量低, Pb、Rb、Ti 的含量高;张家峪亚组岩石中 V 的含量比较低(仅 2

个样品含量较高),而Ti的含量高,Pb、Rb含量的波动变化大,总体上呈现下高上低的形态,Sr的含量变化比较明显,呈现出下低上高的形态,环秀寺亚组岩石中

Pb、Rb、V、Ba、Ti的含量都较低,在该亚组的顶部Rb、Ba、Ti的含量突然增高(图3),反映了陆源碎屑物质混入较多。

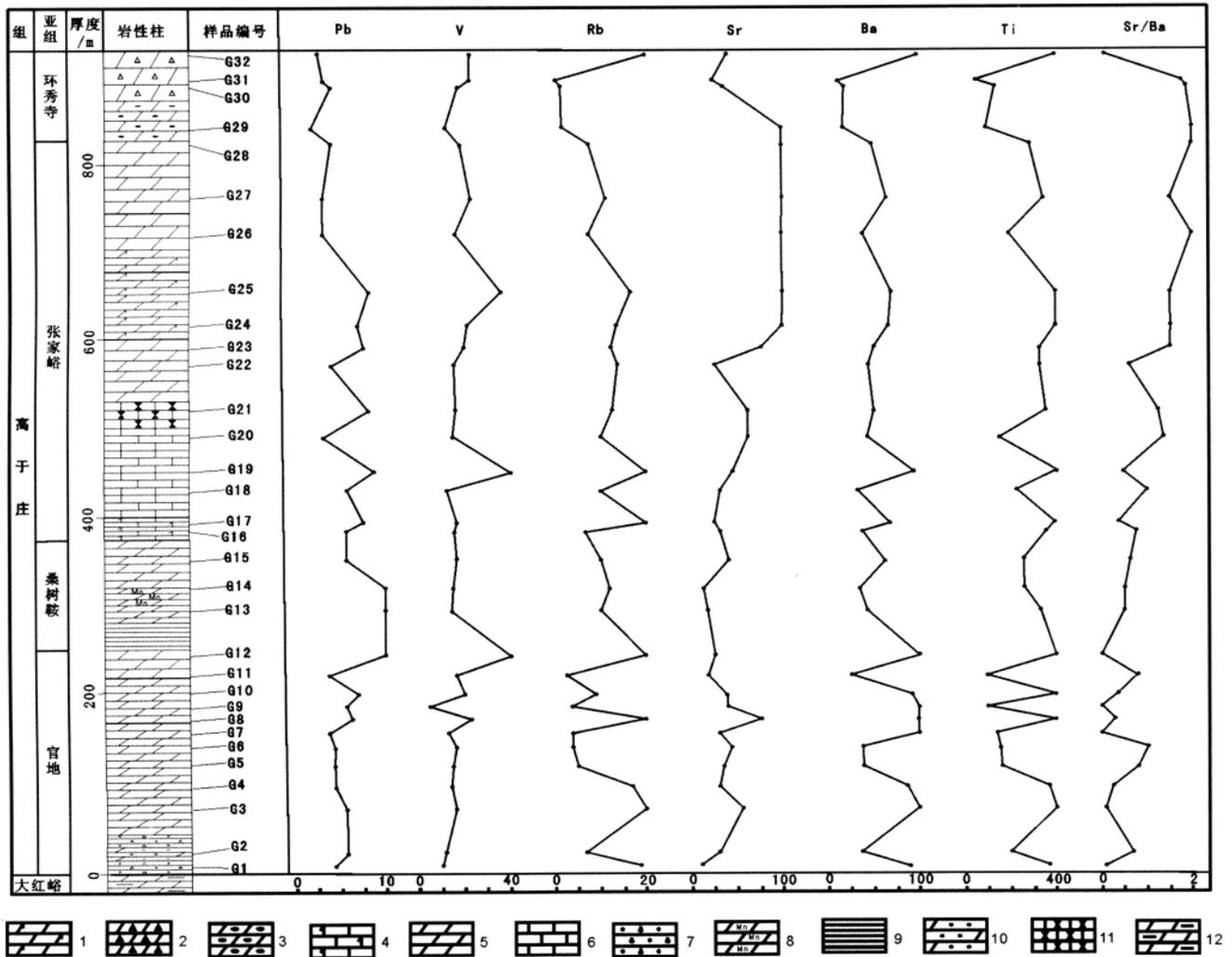


图3 高于庄组微量元素质量分数曲线

Fig. 3 The mass fraction curves of trace elements of Gaoyuzhuang formation

1—灰质白云岩(lime-dolostone); 2—角砾白云岩(breccia dolostone); 3—灰质结核白云岩(lime-nodular dolostone); 4—白云质灰岩(dolomitic limestone); 5—白云岩(dolostone); 6—灰岩(limestone); 7—石英砂岩(quartz sandstone); 8—含锰白云岩(Mn-bearing dolostone); 9—页岩(shale); 10—白云质砂岩(dolomitic sandstone); 11—瘤状灰岩(knobby limestone); 12—泥质白云岩(argillaceous dolostone)

5 岩石地层界线附近的地球化学特征

高于庄组常量元素及微量元素的分析结果表明,各种元素含量在岩石地层界线附近均有明显的变化.官地亚组和桑树鞍亚组界线附近,Pb、Rb、V、Ba、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、K<sub>2</sub>O、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>O的含量明显增加,CaO和MgO含量减少;张家峪亚组和环秀寺亚组界线附近,Pb、Rb、V、Ba、Ti、MgO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、K<sub>2</sub>O、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量减少,而CaO含量增加,反映了在岩石地层界线附近当时的古沉积环境发生了明显的变化。

6 古环境分析

Veizer等认为CaO/MgO值受气候控制,高值代表温湿气候,低值代表干旱气候<sup>[5]</sup>.河北宽城高于庄组CaO/MgO平均值为2.254,说明高于庄组碳酸盐岩沉积时气候较为干热.根据经验数值,Ca/(Ca+Fe)<0.6为淡水,而Ca/(Ca+Fe)>0.89为海水<sup>[6]</sup>,本区高于庄组Ca/(Ca+Fe)平均值为0.991,反映当时沉积环境为海洋环境。

淡水与海水相混时,淡水中的Ba<sup>2+</sup>与海水中的

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>结合生成BaSO<sub>4</sub>沉淀,而SrSO<sub>4</sub>溶解度大,可以继续迁移到远海,通过生物途径沉淀下来。因此Sr与Ba质量比随着远离海岸而逐渐增大。一般来说,淡水沉积物中Sr与Ba质量比小于1,而海相沉积物中Sr与Ba质量比大于1。Sr元素在咸水中质量分数为800×10<sup>-6</sup>~1000×10<sup>-6</sup>,在淡水中的质量分数一般为100×10<sup>-6</sup>~300×10<sup>-6</sup>[5]。研究区高于庄组Sr的平均质量分数为54.3×10<sup>-6</sup>,Ba的平均质量分数为124.6×10<sup>-6</sup>,Sr/Ba为0.44,反映在高于庄组沉积时有大量的淡水注入。

Ti是一种较稳定的元素,一般不形成可溶性化合物,所以海水中Ti的含量很低[4],并且沉积物中Ti主要来源于陆源碎屑物质[2]。区内高于庄组Ti的平均含量与碳酸盐岩中Ti的平均含量基本一致,从各个亚组来看,官地亚组中Ti的平均含量高于碳酸盐岩中Ti的平均含量,而桑树鞍山组和环秀寺亚组中Ti的平均含量低于碳酸盐岩中Ti的平均含量,张家峪亚组Ti的平均含量与碳酸盐岩中Ti的平均含量接近,反映了在官地亚组沉积时期有较多的陆源碎屑物质供应。

从Sr/Ba质量比值来说,海相沉积物中Sr/Ba>1,而陆相沉积物中Sr/Ba<1[7]。高于庄组中Ba的平均含量远远高出碳酸盐岩中Ba的平均含量;高于庄组Sr/Ba总的平均含量小于1,说明以陆相沉积物为主。从各个亚组来看,官地亚组和桑树鞍山组中Sr/Ba的含量基本上都小于1,而张家峪亚组和桑树鞍山组中Sr/Ba的含量大都大于1(见表2),说明本区高于庄组是近岸的海洋沉积环境。从亚组来看,官地亚组、桑树鞍山组比张家峪亚组、环秀寺亚组的沉积环境更靠近海岸。

V在泥岩、黏土岩中质量分数最高,平均达130×10<sup>-6</sup>,这是由于黏土矿物对V的吸附作用[2]所致。该区高于庄组V的平均含量(19.4×10<sup>-6</sup>)远远高于碳酸

盐岩V的平均含量(2.2×10<sup>-6</sup>)(见表2),说明高于庄组沉积时有较多的泥质物质的供应。

## 7 认识

(1)研究区高于庄组无论是常量元素还是微量元素在纵向上均有较大的波动,说明燕山裂陷槽在这一时期的构造活跃,导致沉积环境变化比较大。

(2)常量元素中Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、K<sub>2</sub>O、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的含量变化之间具明显的正相关,微量元素中V、Ba、Ti的含量变化呈正相关,具有同步演变的特点,而Rb和Sr含量变化大体上呈负相关。

(3)在岩石地层界线附近,各种元素含量的变化比较明显,特别是官地亚组与桑树鞍山组界线附近,张家峪亚组与环秀寺亚组界线附近。这表明可以辅助划分沉积地层或对已划分的地层界线进行优化。

(4)研究区高于庄组为近岸的海洋沉积环境,沉积时气候较为干热,并且具有较多的泥质物质供应。

## 参考文献:

- [1]陈晋镛,张惠民,朱士兴,等.蓟县震旦界的研究[A].见:中国地质科学院天津地质矿产研究所,编.中国震旦界[C].天津:天津科学技术出版社,1980.56—114.
- [2]邓宏文,钱凯.沉积地球化学与环境分析[M].兰州:甘肃科学技术出版社,1993.
- [3]旷红伟,刘燕学,孟祥化,等.吉辽地区震旦系碳酸盐岩地球化学特征及其环境意义[J].天然气地球科学,2005,16(1):54—58.
- [4]刘英俊,曹励明,李兆麟,等.元素地球化学[M].北京:科学技术出版社,1984.
- [5]李天賦.宁夏天景山-米钵山奥陶纪地层地球化学特征[J].地层学杂志,1999,23(1):16—25.
- [6]闵隆瑞,迟阵卿,朱关详,等.河北阳原东目连第四纪叠层石古环境分析[J].地质学报,2002,76(4):446—453.
- [7]田景春,陈高武,张翔,等.沉积地球化学在层序地层分析中的应用[J].成都理工大学学报(自然科学版),2006,33(1):30—35.

# GEOCHEMICAL CHARACTERS AND DEPOSITIONAL ENVIRONMENT OF THE MESOPROTEROZOIC GAOYUZHANG FORMATION IN KUANCHENG COUNTY, HEBEI PROVINCE

PENG Nan, LI Jia-hua, CHEN Ming-pei

(Institute of Geosciences, Yangtze University, Jingzhou 434023, Hubei Province, China)

(下转第255页 / continued on Page 255)

- genesis [J]. *Geology*, 1986, 14: 848—851.
- [2] 王方正, 杨梅珍, 郑建平. 准噶尔盆地陆梁地区基底火山岩的岩石地球化学及其构造环境[J]. *岩石学报*, 2002, 18(1): 9—16.
- [3] Miller C, Schuster R, Klotzli U, et al. Post-collisional potassic and ultrapotassic magmatism in SW Tibet: Geochemical and Sr-Nd-Pb-O isotopic constraints for mantle source characteristics and petrogenesis [J]. *Journal of Petrology*, 1999, 40(9): 1399—1424.
- [4] Foler S, Amand N, Liu J. Potassic and ultrapotassic magmas and their origin [J]. *Lithos*, 1992, 28: 181—185.
- [5] 潘桂棠, 陈智梁, 李兴振, 等. 东特提斯地质构造形成演化[M]. 北京: 地质出版社, 1997. 122—128.
- [6] 侯增谦, 莫宣学. “三江”地区义敦岛弧的构造-岩浆演化特征[A]. 见: 青藏高原地质文集[C], 1991, 21: 153—163.
- [7] 胡享生, 莫宣学, 范例. 西藏江达古沟-弧-盆体系的火山岩石学与地质学标志[A]. 见: 青藏高原地质文集[C], 1990, 20: 1—15.
- [8] 李才, 王天武, 杨德明, 等. 西藏羌塘中央隆起区物质组成与构造演化[J]. *长春科技大学学报*, 2001, 31(1): 29—31.
- [9] 白云山, 李莉, 牛志军, 等. 羌塘中部各拉丹东一带鄂尔陇巴组火山岩特征及其构造环境[J]. *地球学报*, 2005, 26(2): 113—120.

## GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND TECTONIC SIGNIFICANCE OF THE GAKAOCHARUI-XIQIASAISUO DIORITE IN EASTERN QIANGTANG, QINGHAI-TIBET PLATEAU

LI Li, BAI Yun-shan, NIU Zhi-jun, DUAN Qi-fa, BU Jian-jun  
(*Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443005, Hubei Province, China*)

**Abstract** : The Gakaocharui-Xiqiasaisuo diorite rock body mainly consists of biotitic quartz diorite and gabrodiorite. The pluton was formed in a volcanic arc environment in Early Jurassic defined by single zircon age of 183 Ma. The rocks are geochemically calc-alkaline and characterized by high Al, enriched K, Ba, Rb and Th, slight HFSE depletion such as Nb, Ta, P, Ti and Y. The initial Sr isotopes vary between 0.70424 and 0.70581, with high  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  ranging from -0.6 to +21.6.

**Key words** : Eastern Qiangtang; Gakaocharui-Xiqiasaisuo; diorite; pluton; tectonic significance; Qinghai Province

作者简介: 李莉(1967—)女, 高级工程师, 主要从事地质矿产勘查与地理信息专业的研究, 通信地址 湖北省宜昌市港窑路 37 号 宜昌地质矿产研究所, 邮政编码 443005, E-mail// yclli@cgs.gov.cn

(上接第 303 页 / *continued from Page 303*)

**Abstract** : The Mesoproterozoic Gaoyuzhuang Formation in Kuancheng County, Hebei Province represents a succession of carbonate strata with 940 m in thick. Chemical analysis of rock samples from the Gaoyuzhuang Formation shows a distinct change in major and trace elements on the lithostratigraphic boundary of the strata, suggesting that such geochemical characters can be used as indicator while dividing sedimentary strata or optimizing lithostratigraphic boundary. Besides, based on the characters of CaO/MgO, Ca/(Ca+Fe), Sr/Ba and V and Ti of the strata, the Gaoyuzhuang Formation was deposited in shallow water and near coast conditions with more mud supply.

**Key words** : Mesoproterozoic; Gaoyuzhuang Formation; geochemical characters; depositional environment; Kuancheng County, Hebei Province

作者简介: 彭楠(1983—)男, 山东人, 2006年毕业于长江大学, 现为长江大学地球科学学院矿物学、矿床学、岩石学专业在读硕士研究生, 主要从事沉积学研究, 通信地址 湖北荆州 长江大学(东校区)地球科学学院矿物 S701 班, E-mail// pengnan19830120@126.com