

文章编号:1009-2722(2012)02-0010-07

# 燕山地区宣龙拗陷洪水庄组和铁岭组沉积环境

罗顺社<sup>1,2</sup>, 吕奇奇<sup>1,3</sup>, 李琳静<sup>2</sup>, 淡卫东<sup>4</sup>

(1 长江大学油气资源与勘探技术教育部重点实验室, 湖北荆州 434023;

2 长江大学地球科学学院, 湖北荆州 434023; 3 中海石油(中国)上海分公司, 上海 200030;

4 长庆油田公司勘探开发研究院, 西安 710018)

**摘要:**依据野外露头等资料,对燕山地区宣龙拗陷洪水庄组和铁岭组进行了详细的沉积相分析,认为该区洪水庄组和铁岭组沉积相为碳酸盐岩台地相,并可进一步划分出碳酸盐岩潮坪和潟湖 2 种亚相,其中洪水庄组主要为潟湖沉积环境;铁岭组主要发育潮坪亚相;包括潮上、潮间和潮下 3 个相带。在此基础上,结合区域地质背景,以及 23 件碳酸盐岩样品的常量元素和微量元素相关关系、组分含量及某些元素的比值对特征,探讨了研究区元素的沉积地球化学特征。研究表明:①研究区目的层段样品的化学成分以 CaO 和 MgO 为主,且  $\omega(\text{CaO}) > \omega(\text{MgO})$ , 含较多的  $\text{SiO}_2$ , 该时期碳酸盐岩沉积时混入较多的陆源碎屑;②Mg/Ca 比值显示洪水庄组与铁岭组沉积期气候温暖潮湿;③Sr/Ba 比值显示铁岭组沉积期为古盐度正常的海相沉积环境,洪水庄期为古盐度较低的海相沉积环境。

**关键词:**中元古界;沉积相;地球化学特征;宣龙拗陷

中图分类号:TE 121.3<sup>+1</sup>

文献标识码:A

## 1 区域地质背景

研究区位于河北张家口市怀来县赵家山村附近,构造上位于华北地台燕山褶皱带最西部的宣龙拗陷(图 1)。该剖面地层出露良好,地层发育完整,层、段界线清晰。沉积了一套巨厚而横向上稳定的海相碳酸盐岩夹碎屑岩地层,总厚度约 8 000 m,自下而上划分为中元古界的长城系、蓟县系和新元古界的青白口系。研究层段均属于中元古界蓟县系上部地层。

蓟县系沉积时期,华北地台北部又一次凹陷,海水侵入,接受沉积。到雾迷山组沉积末期,地壳抬升,相对海平面下降,海域面积大幅减小,华北北部广阔的浅海变成一个狭小闭塞、水底滞流还

收稿日期:2011-05-06

基金项目:中国石油化工股份有限公司海相油气勘探前瞻性项目(YPH08025)

作者简介:罗顺社(1961—),男,博士,教授,主要从事沉积储层及石油地质方面的研究工作。E-mail:327413573@qq.com

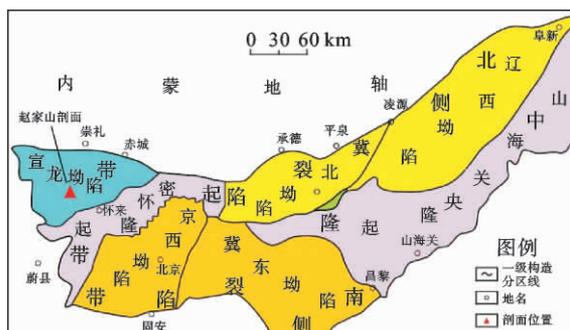


图 1 燕山地区构造划分和研究区位置

Fig. 1 Tectonic map of the Yanshan region and location of the study area

原的滨海海湾,致使洪水庄组地层推覆于雾迷山组地层之上,沉积环境由雾迷山期潮坪沉积过渡为潟湖环境<sup>[1]</sup>。铁岭组沉积时期,海侵范围比洪水庄期略有扩大,地壳相对稳定,下降幅度较小,以碳酸盐岩沉积为主,铁岭末期发生“芹峪运动”,地壳上升暴露于地表,为一个海退的过程。

## 2 沉积相分析

### 2.1 洪水庄组(ZH)

区内洪水庄组出露层序连续、层段界限清晰,实测剖面厚 41.6 m,与下伏蓟县系雾迷山组浅灰色含硅质条带与团块的厚层泥晶白云岩呈整合接触关系,与上覆蓟县系铁岭组砾屑白云岩也呈整合接触。主要由黑灰色页岩夹少量黄色泥质白云岩与薄层泥晶白云岩组成韵律层。

该组底部为蛋青色泥质白云岩夹褐色菱铁矿结核(图版-1);下部为黑灰色页岩,夹少量黄色泥质白云岩,中上部为灰色、灰绿色薄层泥晶白云岩夹黑灰色页岩,页岩中偶见海绿石、菱铁矿结核和水平层理构造(图版-2)。褐色菱铁矿结核反映当时处于还原环境,水平层理反映安静的低能环境。根据岩性特征及沉积构造判断洪水庄组整体水深大于雾迷山组,沉积环境由雾迷山组的潮坪沉积过渡为潟湖沉积(图 2)。

### 2.2 铁岭组(ZT)

区内铁岭组实测剖面厚 213.91 m,与下伏蓟县系洪水庄组黑色页岩呈整合接触(图版-3)与上覆青白口系下马岭组灰色页岩之间呈平行不整合接触,按岩性特征自下而上分为 2 个岩性段,其中,第 1 段主要岩性为中厚层泥、粉晶白云岩、叠层石白云岩以及硅质条带。第 2 段主要岩性为薄—厚层泥质白云岩与泥晶白云岩,局部出现灰质白云岩、灰岩,多处夹海绿石页岩。铁岭组第 1 段与第 2 段之间具清晰的沉积间断面,为假整合接触。

(1)第 1 段(ZTD) 厚 82.73 m,底部为一套薄—中层砾屑白云岩,且其具明显的粒序变化,由下往上,底部砾屑由厘米级逐渐变为毫米级,最后不含砾屑,而被砂屑、粉屑等代替(图版-

4)。下部由含硅质条带或硅质团块的中层泥晶白云岩组成,多数显纹层,硅质条带或硅质团块呈灰色,直径较大,最大可达 20 cm,其向上硅质条带或硅质团块逐渐减少。向上过渡为薄层泥晶白云岩,缓波状叠层石白云岩,夹硅质结核及薄层海绿石页岩。反映潮上带下部—潮间带上部的沉积环境,为水进沉积序列。上部主要由叠层石泥晶白云岩夹薄层泥晶白云岩及泥质白云岩组成,局部可见砂砾屑白云岩及灰质白云岩,多处夹海绿石页岩。其中薄层泥质白云岩与泥晶白云岩互层产出,叠层石构造主要呈纹层状和波状(图版-5),也可见柱状和锥状,局部还可见小型交错层理。其上部主要为潮间带—潮下带沉积环境(图 2)。

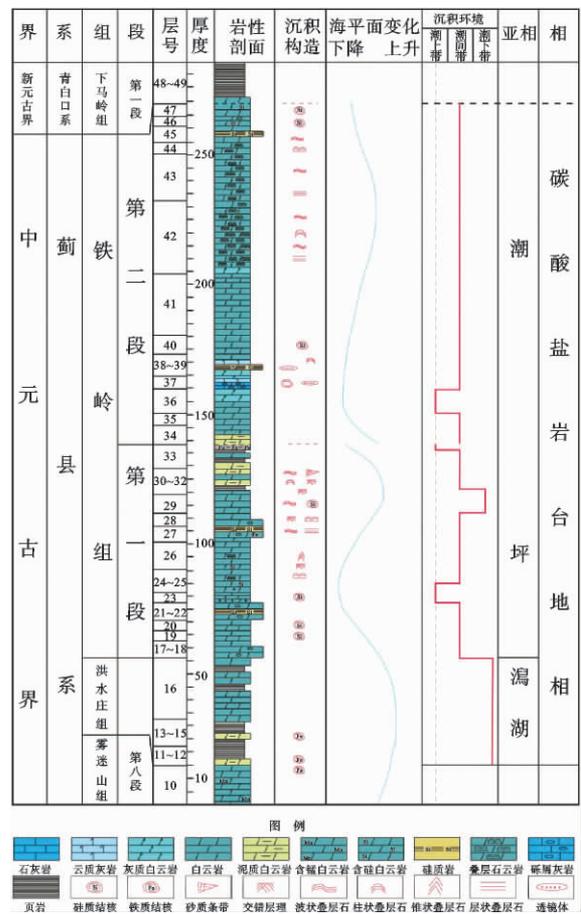


图 2 燕山地区宣龙拗陷洪水庄组和铁岭组沉积相柱状图  
Fig. 2 Column diagram of the Hongshuizhuang Formation and Tieling Formation in the Xuanlong Depression of Yanshan region

(2)第2段(ZTL) 厚 131.18 m,下部主要由深灰—灰色厚层状泥晶白云岩与页片状泥质白云岩组成,向上过渡为中薄层砾屑灰岩与纹层状灰质白云岩呈互层产出(图版-6),硅质含量也逐渐增多,多呈硅质条带、硅质结核及透镜体产出,其中硅质结核个体小,且顺层分布(图版-7),沉积环境为潮上带—潮间带。中部以薄—厚层块状泥晶白云岩为主,其中硅质含量向上逐渐减少,局部可见硅质结核或条带顺层断续分布,显示硅质的供应不均匀,为潮间带沉积环境。中上部由一套厚层块状叠层石白云岩组成,叠层石形态自下而上依次呈层纹状、缓波状、波状、半球状和小型穹状(图版-8),反映水体能量由弱到强,为潮间带上部—潮间带下部的沉积环境,为水进沉积序列。顶部主要由含硅质结核或硅质条带的深灰色粉晶白云岩组成,发育纹层的和纹层不发育的形成韵律层,含纹层的部分有的纹层呈破碎状,显示出碎屑特征,为潮间带上部沉积环境(图2)。

总体来看,铁岭组初期仍处于海平面下降的过程,以砾屑泥晶白云岩、硅质岩及页岩构成向上变浅旋回,沉积环境由潮间带变为潮上带,至第1段中部出现叠层石白云岩,海平面又开始上升,砾屑白云岩出现,表明沉积环境由潮上带变为潮间带,第1段中上部岩性由砾屑泥晶白云岩变为黑灰色硅质页岩,足见海水变深的过程,沉积环境为潮下带;一段后期为海退,沉积环境由潮下带过渡到潮间带,岩性由黑灰色硅质页岩变为黄绿色页岩,并出现第1段与第2段分界的铁质风化壳,反映地壳抬升,暴露于地表遭受剥蚀。铁岭组二段底部岩性由泥晶白云岩转变为砾屑灰岩,向上变为薄—厚层块状泥晶白云岩,到中上部岩性变为厚层块状叠层石白云岩,顶部岩性变为含硅质结核或硅质条带的深灰色粉晶白云岩,反映潮上带—潮间带上部—潮间带下部—潮间带上部的沉积环境。至下马岭期,发生“芹峪上升”构造运动,地壳上升暴露于地表,为一个海退的过程。铁岭组二段为一个完整的海进—海退过程(图2)。

### 3 样品与分析方法

本次用于常量元素、微量元素分析的碳酸盐岩样品均采自河北怀来赵家山实测剖面,覆盖研

究区发育的所有沉积相带,共计23件,其中洪水庄组8件、铁岭组15件。所采样品新鲜,均未受蚀变、矿化或次生风化作用,之后经破碎,选用新鲜样品,送交国土资源部武汉资源环境监督检测中心(中国地质大学(武汉)分析测试中心)分别采用电感耦合等离子体质谱仪(Agilent 7500a)和 Axios advanced X射线荧光光谱仪进行测定,检测的元素有 Al、Si、Fe、Mg、Ca、K、Mn、Sr、Ba 和 B。分析结果见表1。

## 4 沉积地球化学特征

### 4.1 相关性分析特征

各种元素的含量主要受原始沉积环境、陆源区及成岩作用的影响。为弄清楚各元素的富集机制及相互关系,对各元素做了相关系数分析,分析结果见表2。

(1)SiO<sub>2</sub>与CaO、MgO呈明显的负相关(*R*值分别为-0.778和-0.741),表明沉积环境中的陆源物质会抑制碳酸盐岩矿物的沉淀和生成。

(2)Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>与K<sub>2</sub>O呈明显的正相关(*R*=0.582),与Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>呈弱正相关(*R*=0.380)、与CaO、MgO呈明显负相关(*R*值分别为-0.719和-0.667)。Al、K、Fe<sup>3+</sup>主要赋存于黏土矿物中,代表了陆源泥质,Fe常吸附于黏土矿物中,Al为黏土矿物的格架组分,K是伊利石黏土的主要组分。

(3)MnO与Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>呈明显正相关,与K<sub>2</sub>O呈弱正相关。对于Mn和Fe的赋存规律,有的学者认为Mn和Fe多赋存于白云石晶体中<sup>[2]</sup>,因为Mn<sup>2+</sup>和Fe<sup>2+</sup>容易进入离子半径相近的Mg<sup>2+</sup>的位置。Fruth<sup>[3]</sup>的分析结果表明,Mn和Fe主要受陆源黏土含量控制。Krumbein等<sup>[4]</sup>和Renard<sup>[5]</sup>强调的Eh和pH对Mn和Fe分布的控制作用是:陆地上淋滤出的Mn和Fe在近岸带遇到碱性的海水时会马上沉淀下来,含H<sub>2</sub>S的还原环境也有利于Mn和Fe的沉淀<sup>[6]</sup>。本文认为碳酸盐岩中Mn和Fe的分布受多种因素的控制,仅从一元线性相关分析还不能确定Mn、Fe的赋存机制。

(4)Ba与SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、K<sub>2</sub>O、MnO呈

表 1 洪水庄组—铁岭组岩石地球化学分析数据

Table 1 Geochemical data of Hongshuizhuang Formation and Tieling Formation

层位	样品号	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	K <sub>2</sub> O	烧失量	Sr	Ba	B	Sr/Ba	MgO/CaO	
铁岭组	23	29.34	20.34	5.84	0.45	0.39	0.05	0.04	42.65	27.30	23.00	2.80	1.187	0.693	
	22	29.51	21.51	3.15	0.34	0.25	0.03	0.03	44.86	22.70	10.20	1.50	2.225	0.729	
	21	23.42	8.65	32.13	0.92	7.56	0.71	0.00	26.85	8.20	38.10	19.00	0.215	0.369	
	20	28.44	18.15	9.20	0.98	0.51	0.07	0.54	44.11	28.90	27.50	2.00	1.051	0.638	
	19	26.33	16.12	16.27	1.23	0.51	0.06	0.51	38.25	34.20	62.60	12.50	0.546	0.612	
	18	31.97	22.08	0.32	0.05	0.05	0.00	0.03	45.61	82.00	69.20	1.50	1.185	0.691	
	17	29.03	19.15	6.35	1.32	0.96	0.34	0.02	42.38	92.80	56.90	2.70	1.631	0.660	
	16	31.23	21.96	0.89	0.10	0.01	0.00	0.01	45.10	54.60	29.70	2.10	1.838	0.703	
	平均	28.66	18.50	9.27	0.67	1.28	0.21	0.15	41.23	43.84	39.65	5.51	1.235	0.637	
	第一段	15	23.69	8.54	32.05	0.96	8.04	0.64	0.00	25.62	43.90	103.00	17.30	0.426	0.360
		14	28.65	10.98	19.32	1.45	0.76	0.09	0.19	38.32	127.30	32.90	1.60	3.869	0.383
		13	28.98	12.03	21.34	1.32	0.65	0.10	0.26	35.12	15.60	136.00	69.80	0.115	0.415
		12	30.91	21.26	2.36	0.45	0.27	0.03	0.09	44.38	15.70	95.70	67.40	0.164	0.688
		11	25.02	16.63	18.82	0.95	0.50	0.23	0.37	37.22	24.40	34.00	20.00	0.718	0.665
		10	26.38	16.86	18.25	1.56	0.67	0.01	0.45	36.08	30.60	14.70	1.50	2.082	0.639
		9	32.06	22.04	0.29	0.03	0.03	0.00	0.00	45.75	40.00	80.70	8.90	0.496	0.687
平均		27.96	15.48	16.06	0.96	1.56	0.18	0.23	37.50	42.50	71.00	26.64	1.124	0.548	
组平均	28.33	17.09	12.44	0.81	1.41	0.20	1.63	39.49	43.21	54.28	15.37	1.183	0.596		
洪水庄组	8	22.38	10.47	27.37	3.26	2.31	2.13	0.36	31.06	18.40	83.20	26.40	0.221	0.468	
	7	21.03	10.27	22.32	3.25	4.38	0.32	0.51	37.65	50.60	54.00	87.30	0.937	0.488	
	6	29.64	20.45	6.58	0.42	0.27	0.06	0.10	42.56	40.60	75.50	8.10	0.538	0.690	
	5	29.27	10.38	23.48	1.53	0.61	0.09	0.36	34.25	69.70	128.80	3.50	0.541	0.355	
	4	21.02	8.97	23.13	1.36	7.23	0.32	0.13	35.65	43.90	62.20	6.60	0.706	0.427	
	3	27.36	16.72	12.85	1.24	0.66	0.06	0.32	40.44	29.10	52.40	4.80	0.555	0.611	
	2	27.68	16.97	12.36	1.26	0.59	0.06	0.30	40.21	29.30	24.10	2.50	1.216	0.613	
	1	28.55	18.56	9.56	1.25	0.48	0.02	0.65	40.34	27.90	14.90	1.70	1.872	0.650	
	组平均	25.87	14.10	17.21	1.70	2.07	0.38	0.34	38.02	38.69	61.04	17.61	0.863	0.538	

注:除 Sr、Ba、B 含量单位为 10<sup>-6</sup>外,其余组分含量单位均为%

表 2 碳酸盐岩中各组分及元素质量分数相关系数

Table 2 Mass fractions of each component and element in carbonate and their correlation coefficients

	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	烧失量	Sr	Ba	B
CaO	1.000											
MgO	0.785	1.000										
SiO <sub>2</sub>	-0.778	-0.741	1.000									
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.719	-0.667	0.773	1.000								
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.807	-0.766	0.597	0.380	1.000							
MnO	-0.585	-0.509	0.351	0.607	0.575	1.000						
K <sub>2</sub> O	-0.303	-0.203	0.356	0.582	-0.165	0.011	1.000					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-0.359	-0.484	0.291	0.069	0.616	0.332	-0.196	1.000				
烧失量	0.727	0.888	-0.594	-0.481	-0.784	-0.536	-0.097	-0.669	1.000			
Sr	0.228	-0.044	-0.015	0.005	-0.144	-0.183	-0.186	-0.171	0.162	1.000		
Ba	-0.396	-0.357	0.829	0.567	0.267	0.107	0.225	-0.008	-0.151	0.076	1.000	
B	-0.288	-0.288	0.598	0.417	0.202	0.162	0.136	-0.035	-0.187	-0.278	0.752	1.000

正相关关系,而 Sr 与 CaO 呈弱正相关,说明 Sr 主要保存于方解石矿物中。Sr 最初多保存于文石矿物中,因为与高镁方解石和低镁方解石相比,文石矿物晶体结构中的  $\text{Ca}^{2+}$  易被离子半径较大的  $\text{Sr}^{2+}$  替代,但经过成岩作用以后,文石向低镁方解石转变过程中,Sr 多被保存下来,所以现在见到的 Sr 多是保存在低镁方解石中的<sup>[7]</sup>。

#### 4.2 沉积地球化学特征

(1)洪水庄组与铁岭组碳酸盐岩化学组成相近,以 CaO 和 MgO 为主,且 CaO 含量大于 MgO 的含量,含较多的  $\text{SiO}_2$ ,少量  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  和  $\text{K}_2\text{O}$ 。其中  $\text{SiO}_2$  各段平均值为 9.269%~17.206%。两组又表现出各自固有的特征:铁岭组含有较多的 CaO 和 MgO,而洪水庄组含有较多的  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  和 MnO,显示洪水庄组碳酸盐岩沉积时混入较多的陆源碎屑。

(2)洪水庄组与铁岭组微量元素的平均含量有明显的差异,主要表现在铁岭组具有较高的 Sr,而洪水庄组 Ba 较高,表现为铁岭组 Sr/Ba 值明显高于洪水庄组,洪水庄组和铁岭组各段微量元素变化规律虽然不明显,但也有一定的差异。一般而言,海相环境中 B 质量分数为(80~120) $\times 10^{-6}$ <sup>[8]</sup>,而研究区内碳酸盐岩中 B 平均含量极低,洪水庄组为  $17.61 \times 10^{-6}$ ,铁岭组为  $15.37 \times 10^{-6}$ ,这说明受淡水改造作用极强,指相意义不大。

(3)Mg/Ca 值是气候变化的良好指示剂<sup>[9]</sup>。当钠盐、钾盐等易溶性盐类不参与沉淀时,Mg/Ca 比的高值指示干热气候,低值指示潮湿气候;而当它们参与沉淀时,其低值和  $\text{K}^+$  的相对高值共同指示干热气候。洪水庄组和铁岭组样品中  $\text{K}_2\text{O}$  平均含量最大值为 0.341,可见  $\text{K}^+$  含量相当低,这说明它们没有参与沉淀,因此,研究区内 Mg/Ca 高值指示干热气候,低值指示潮湿气候。洪水庄组和铁岭组 Mg/Ca 平均值分别为 0.538 和 0.596,由此可知,洪水庄组和铁岭组是在温暖潮湿的气候下沉积的。而在铁岭组内,一段 Mg/Ca 值为 0.548,二段为 0.637,说明该区铁岭组二段沉积期的气候相对炎热干燥,可能与铁岭后期海退有关。

(4)Sr/Ba 值常作为古盐度的灵敏标志,是依

据溶液中锶的迁移能力及其硫酸盐化合物溶度积远大于 Ba 的地球化学性质,记录在沉积物中的 Sr 丰度和 Sr/Ba 比值与古盐度呈明显正相关性,可作为定量确定水体盐度的有效地球化学指标<sup>[10]</sup>。研究区铁岭组一、二段 Sr/Ba 比值平均值分别为 1.124、1.235,表明研究区铁岭组沉积期为古盐度正常的海相沉积环境,而相比之下,铁岭组二段具有较高的古盐度环境,二段气候炎热干燥,海水蒸发加剧,较高的古海水盐度可能与之有关。研究区洪水庄组 Sr/Ba 比值的平均值为 0.863,表明该区洪水庄期为古盐度略低的海相沉积环境,可能与当时的地壳抬升,相对海平面下降有关。该区沉积环境由雾迷山组的潮坪沉积过渡为潟湖沉积,而当时气候相对潮湿,注入潟湖的淡水(河流注水或大气降水)大大超过蒸发量,引起潟湖上部水体经入潮口进入海洋。如此长期外流,潟湖水体又不断有淡水补给,逐渐发生淡化作用,致使洪水庄期为古盐度较低。

## 5 结论

(1)研究区洪水庄组和铁岭组沉积相为碳酸盐岩台地相,可进一步划分碳酸盐岩潮坪和潟湖 2 种亚相。其中铁岭组主要发育潮坪亚相,且以潮间带和潮下带沉积为主;洪水庄组主要为潟湖沉积环境。

(2)研究区洪水庄组与铁岭组碳酸盐岩化学组成相近,以 CaO 和 MgO 为主,且  $\omega(\text{CaO}) > \omega(\text{MgO})$ ,含较多的  $\text{SiO}_2$ ,少量  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  和  $\text{K}_2\text{O}$ ,显示该时期碳酸盐岩沉积时混入较多的陆源碎屑。

(3)通过对样品 Mg/Ca 值的研究认为,研究区洪水庄组与铁岭组沉积期气候温暖潮湿,且在铁岭组二段沉积期的气候相对炎热干燥,可能与铁岭后期海退有关。

(4)通过对样品 Sr/Ba 值的研究认为,研究区铁岭组沉积期为古盐度正常的海相沉积环境;洪水庄期为古盐度较低的海相沉积环境,与当时的地壳抬升,相对海平面下降,沉积环境由雾迷山组的潮坪沉积过渡为潟湖沉积有关。这与当时沉积期温暖潮湿气候的结论是一致的。

## 参考文献:

- [1] 温献德. 华北北部中晚元古代岩相古地理及其演化[J]. 石油大学学报(自然科学版), 1989, 13(2): 13-21.
- [2] Parker R L. Paleoenvironmental synthesis of the Deschambault limestone (lower Trenton) of southeastern Quebec; a storm dominated ramp[J]. The Green Mountain Geologist, 1986, 13(1): 13-14.
- [3] 李超, 彭平安, 盛国英, 等. 蓟县剖面中—新元古代沉积物的稳定碳同位素生物地球化学研究[J]. 地球化学, 2002, 76(4): 433-440.
- [4] Krumbein W C, Garrels R M. Origin and classification of chemical sediments in terms of Ph and oxidation reduction potentials [J]. Journal of Geology, 1952, 60(1): 1-33.
- [5] Renard K G, Simanton J R. Thunderstorm precipitation effects on the rainfall-erosion index of the universal soil loss equation[C]//Hydrology and Water Resources in Arizona and the Southwest, 1975: 47-55.
- [6] 邵龙义. 湘中早石炭世沉积学及层序地层学[M]. 北京: 中国矿业大学出版社, 1997: 79-96.
- [7] 何宏, 彭苏萍, 邵龙义. 巴楚寒武—奥陶系碳酸盐岩微量元素及沉积环境[J]. 新疆石油地质, 2004, 25(6): 631-633.
- [8] 王敏芳, 焦养泉, 王正海, 等. 沉积环境中古盐度的恢复——以吐哈盆地西南缘水西沟群泥岩为例[J]. 新疆石油地质, 2005, 26(6): 719-722.
- [9] 宋明水. 东营凹陷南斜坡沙四段沉积环境的地球化学特征[J]. 矿物岩石, 2005, 25(1): 67-73.
- [10] 郑荣才, 柳梅青. 鄂尔多斯盆地长 6 油层组古盐度研究[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(1): 20-25.

## DEPOSITIONAL ENVIRONMENT OF HONGSHUIZHANG AND TIELING FORMATIONS IN THE XUANLONG DEPRESSION, YANSHAN REGION

LUO Shunshu<sup>1,2</sup>, LV Qiqi<sup>1,3</sup>, LI Linjing<sup>2</sup>, DAN Weidong<sup>4</sup>

(1 Key Laboratory of Exploration Technology for Oil and Gas Resources, Ministry of Education, Yangtze University, Jingzhou 434023, Hubei, China; 2 College of Geoscience, Yangtze University, Jingzhou 434023, Hubei, China;

3 Shanghai Branch of CNOOC, Shanghai 200030, China;

4 Exploration and Development Research Institute of Changqing Oilfield, Xi'an 710018, China)

**Abstract:** Detailed sedimentary facies analysis had been carried out for the Hongshuizhuang Formation and Tieling Formation in the Xuanlong Depression, the Yanshan Region, based on outcrops. Both the Hongshuizhuang and Tieling Formations belong to a carbonate platform facies, which could be further divided to 2 subfacies of tidal-flat and lagoon. The Hongshuizhuang Formation was dominated by the lagoonal subfacies, and Tieling Formation by the tidal-flat subfacies, which consists of supratidal, intertidal, subtidal microfacies. This paper mainly discusses the geochemical characteristics of the two Formations from 23 samples, on the basis of sedimentary facies and regional geological background. The results suggest that: (1) The two Formations in the study area are mainly composed of CaO and MgO, with a substantial amount of SiO<sub>2</sub> and characterized by  $\omega(\text{CaO}) > \omega(\text{MgO})$ . It implies that there was certain amount of terrigenous input when the carbonate was deposited at that time. (2) The ratios of Mg/Ca revealed that when the Hongshuizhuang and Tieling Formations were deposited in this region, the weather was hot and dry. (3) The ratios of Sr/Ba indicated that when the Tieling Formation was deposited, the region was under an environment with normal salinity, while the Hongshuizhuang Formation was formed under an environment with a salinity below the normal.

**Key words:** Mesoproterozoic; Tieling Formation; sedimentary facies; geochemical Characteristics; Xuanlong Depression



1 洪水庄组11层，蛋青色泥质白云岩夹褐色铁质结核



2 洪水庄组12层，水平层理



3 洪水庄组与铁岭组之间的界限



4 铁岭组17层第1段，砾屑白云岩，向上砾屑变少



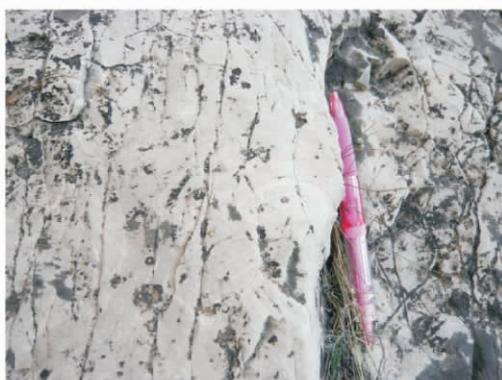
5 铁岭组31层第1段，小型层纹状叠层石白云岩



6 铁岭组37层第2段，砾屑灰岩与灰质白云岩互层



7 铁岭组38层第2段，硅质结核



8 铁岭组43层第2段，半球状叠层石