

文章编号: 1009-3850(2012)04-0034-04

# 准噶尔盆地哈山南缘下侏罗统重矿物特征及地质意义

刘桢颖

(中国石化胜利油田西部新区研究中心, 山东 东营 257015)

**摘要:** 通过对重矿物组分、组合特征及其稳定系数、ZTR 指数等资料的分析, 认为准噶尔盆地哈山南缘存在西北方向两个不同母岩区物源, 母岩以中性及基性岩浆岩为主, 其中偏北物源母岩含有变质岩特征。早侏罗世气候温暖潮湿, 雨量充沛, 以洪水作用的冲积扇沉积为主。哈山侏罗系沉积时期, 八道湾组沉积时期的构造活动强于三工河组沉积时期, 最强烈的构造活动时期发生在早白垩世沉积前。

**关键词:** 准噶尔盆地; 哈拉阿拉特山; 重矿物; 物源; 沉积环境

中图分类号: P588.2

文献标识码: A

相对密度大于 2.86 的矿物称为重矿物, 它在岩石中的含量很少, 一般不超过 1%。重矿物耐腐蚀、稳定性强, 能较多地保留其母岩的特征, 因此在盆地分析中, 用于物源分析、古构造活动、地层对比和岩相古地理恢复等多项研究<sup>[1-7]</sup>。比如重矿物特征指数可以研究物源方向和沉积物搬运距离的长短, 利用重矿物组成恢复母岩, 利用黄铁矿、褐铁矿对沉积环境和古气候进行分析<sup>[7-12]</sup>。

哈拉阿拉特山(哈山)南缘地理上位于新疆维吾尔自治区克拉玛依市乌尔禾区西北部, 构造上位于准噶尔盆地与和什托洛盖盆地结合部, 处于哈德构造带的西段, 北倚哈山, 南接玛湖凹陷。截止目前, 油气勘探取得了丰硕的成果, 发现了乌尔禾、风城等油田, 并在山前多口探井浅层见油气显示。侏罗系是该区的重要勘探层系, 但是由于构造运动, 地层剥蚀严重, 残余地层主要为侏罗系八道湾组( $J_1b$ )和三工河组( $J_1s$ )。对残余的下侏罗统地层沉积相研究一直存在争议, 目前关于该区侏罗系物源、沉积环境等方面的研究很少。本文以期通过对研究区 10 口井 136 个样品的重矿物特征分析, 为侏罗系沉积相、沉积体系的研究提供指导意见, 从而为不断深入的勘探开发工作奠定基础。

## 1 重矿物特征

研究区侏罗系砂岩样品中鉴定出重矿物有 20 多种, 包括锆石、电气石、石榴石、磁铁矿、辉石、角闪石、蓝晶石、楣石、十字石、尖晶石、黄铁矿、褐(赤)铁矿、金红石、白钛矿、板钛矿、钛铁矿、绿帘石、褐帘石、阳起石、刚玉、透辉石、红帘石等。其中以锆石、电气石、石榴石、黄铁矿和氧化钛矿物为主, 参见表 1。

稳定重矿物组合, 包括  $TiO_2$  矿物(金红石、锐钛矿、板钛矿和白钛矿)、锆石、电气石。不稳定矿物组合主要是褐帘石、绿帘石、黝帘石、黑云母、黄铁矿、普通辉石和普通角闪石。研究区重矿物含量随着深度不同层位呈现一定规律性(图 1)。锆石和石榴石含量随深度自下而上, 由低变高再变低, 黄铁矿含量由高变低再变高。褐帘石、绿帘石等帘石含量整体偏低, 在石榴石含量低值时显示高值。

## 2 地质意义

### 2.1 对构造演化的启示

每一期的构造运动都会对同沉积的沉积重矿物成分有所影响。当构造活动强烈时, 地形高差大,

收稿日期: 2012-06-19; 改回日期: 2012-08-08

作者简介: 刘桢颖(1978-), 女, 工程师, 主要从事沉积储层研究。E-mail: yaying\_liu@sina.com

表 1 哈山南缘下侏罗统重矿物含量统计

Table 1 Statistics of the heavy mineral contents in the Lower Jurassic strata in southern Mt. Hala' alate, Junggar Basin

井名	主要重矿物质量百分比										系数	
	锆石	电气石	氧化钛矿物	石榴石	绿帘石/红帘石	辉石/角闪石	黄铁矿(%)		褐(赤)铁矿(%)		ZTR	稳定系数
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	含量区间	均值	含量区间	均值	均值(%)	均值
乌30	4.3	1.6	78.6	2.8	/	/	9.6	/	1.9	/	7	0.47
重28	0.7-32.1	0.1-2.8	0.1-71.4	0.3-30	0.2-4.3	1.5	0.6-98	43.4	0.6-8.5	2.66	12.36	0.21
重34	8.2-27.6	1-3.7	0.2-58.2	5.7-18	0.2-1.1	0.1	0.6-24	5.34	0.6-7	2.25	19.91	0.84
重19	0.2-31.9	0.1-26.8	0.4-52.2	0.5-20.8	0.1-1.2	0.2-0.6	2.5-93.1	53	0.5-34.2	3.43	19.35	0.12
重2	0.1-24	0.1-3.4	0.1-73.5	0.1-43.2	0.1-0.7	0.1-0.3	3.8-100	84.1	0.8-1	1.02	18.26	0.30
重29	0.4-7.7	0.1-1.3	0.1-74.1	0.3-8.6	0.1-13.3	0.1-1	4-94	55	0.8-14.3	2.35	6.87	0.11
重30	0.5-18.2	0.2-9.1	0.2-70.4	0.6-3.5	0.1-3.2	0.3-0.3	9.5-32	20	0.8-46.5	13.83	11.4	0.05
重33	2.1-12.7	0.5-4.3	0.1-32.5	1.4-23.4	0.1-0.8	0.2-0.4	66.5	/	0.9	/	14.66	0.41
重3	0.7-21.4	0.1-1.3	0.8-27.2	1-5.8	0.7-3.7	0.2	28-100	74	4-4.2	4.1	27.62	0.08
重35	0.3-4.5	0.1-0.7	2-50.4	0.1-3.3	0.2-0.3	0.1	37.8-89.1	63	0-2	1.2	4.04	0.29
乌29	0.9-35	2.3-3.4	0.7-47.5	0.7-17.8	2.3	/	0.9-35.5	13.6	5.9-92.8	47.15	33.62	0.84

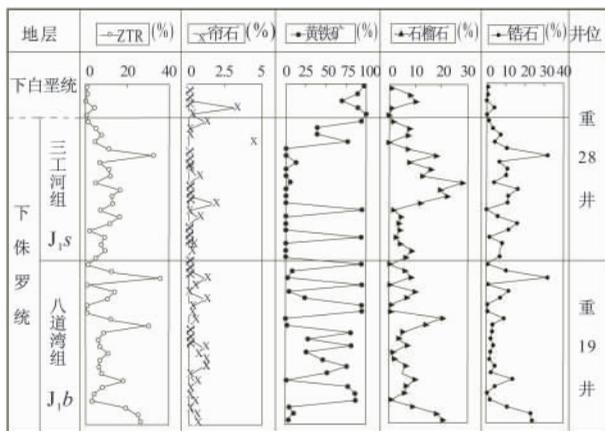


图 1 哈山南缘浅层重矿物分布特征

Fig. 1 Distribution of the heavy minerals from the Lower Jurassic strata in southern Mt. Hala' alate, Junggar Basin

沉积物剥蚀和沉积速率大,碎屑物从剥蚀到沉积经历的时间短;风化作用弱,不稳定重矿物易保存,稳定重矿物含量相对少。反之,遭受风化作用强,稳定重矿物含量就会增加。ZTR 指数,即电气石、锆石和金红石三种矿物占总重矿物的百分含量,作为重矿物组合成熟度的一个度量。其值越大,矿物的成熟度越高。矿物成熟度高表明构造活动弱,风化作用强。

根据图 1,侏罗系八道湾组(J<sub>1b</sub>)稳定重矿物锆石平均含量低于三工河组(J<sub>1s</sub>),白垩系的锆石含量最低。次稳定重矿物石榴石含量也具有相同趋势;不稳定重矿物绿帘石、黝帘石等含量趋势与锆石、石榴石的含量相反。锆石和石榴石含量高时,帘石含量低。ZTR 指数在去掉几个异常高值后,也表现

出了八道湾组比三工河组值低,白垩系整体最低的特征。由此推断在八道湾组沉积时期构造活动相对三工河组时期强,在早白垩世之前哈山进一步隆升,地层剥蚀为下白垩统的沉积提供丰富的物源,造成了 ZTR 指数低值,重矿物组合近源特征。

2.2 对物源分析的指示

重矿物作为砂岩碎屑物质的重要组成部分,随其它碎屑物质一起从物源区剥蚀、搬运、沉积。在搬运过程中,不稳定的重矿物随着搬运距离的增大而减少,而稳定重矿物的相对含量升高,ZTR 值也会变大<sup>[6]</sup>。

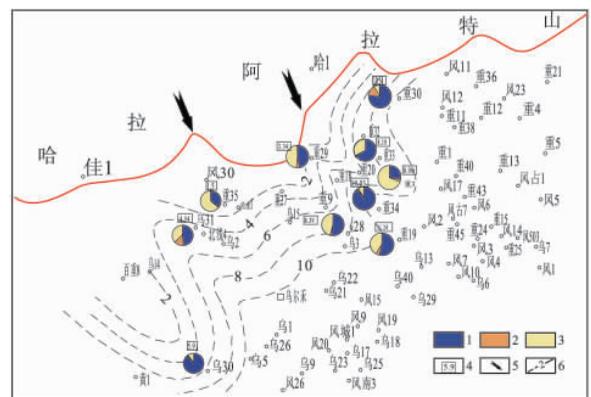


图 2 准噶尔盆地哈山南缘早侏罗世物源分析

1. 稳定重矿物含量; 2. 不稳定重矿物含量; 3. 黄铁矿含量; 4. ZTR 均值; 5. 物源方向; 6. ZTR 值等值线

Fig. 2 Provenance analysis of the Lower Jurassic strata in southern Mt. Hala' alate, Junggar Basin

1 = stable heavy mineral content; 2 = unstable heavy mineral content; 3 = pyrite content; 4 = mean ZTR value; 5 = direction of sediment source; 6 = ZTR isoline

表2 哈山南缘重35、重29、重33、重34井下侏罗统砂岩重矿物组成及相对含量(%)

Table 2 Heavy mineral compositions and contents in the Lower Jurassic sandstones from the wells 35, 29, 33 and 34 in southern Mt. Hala' alate, Junggar Basin

井名	深度(m)	锆石	钛铁矿	磁铁矿	白钛石	黄铁矿	电气石	褐铁矿	尖晶石	绿帘石	普通辉石	石榴石	榍石	黑云母	蓝晶石	十字石	阳起石	板钛矿	黝帘石	金红石
重35	373.35	4.5	34.2	0.9	9	45	0.6	0.9	0.6	0.3	\	3.3	0.4	0.4	\	\	\	\	\	\
重35	373.8	1.7	50.4	0.9	4.8	38	0.7	0.9	\	\	0.1	1.5	0.2	0.8	\	\	\	\	\	\
重35	377.23	0.3	49.5	1	9.9	37.6	\	1	\	0.3	\	0.5	\	\	\	\	\	\	\	\
重35	392.55	0.4	2	4	4	89.1	0.1	\	\	0.2	\	0.1	0.1	0.1	\	\	\	\	\	\
重29	137.85	2.4	\	0.8	32.3	51	0.6	0.8	\	8.2	1	2.4	\	\	0.4	\	\	\	\	\
重29	150.25	0.6	9.5	0.9	74.1	9.5	0.8	0.9	\	3.1	0.1	\	\	\	\	0.4	\	\	\	\
重29	148.65	1.5	14.3	0.9	46.5	19	0.4	14.3	\	0.2	\	2.1	\	0.2	\	0.6	\	\	\	\
重33	289.75	12.7	17	0.5	32.5	\	4.3	\	0.4	0.8	0.4	23.4	\	\	\	6.5	0.4	0.8	0.4	\
重34	423.35	11.3	\	39	22.8	3.3	1.8	\	0.5	1.1	\	18	\	0.2	\	1.4	\	0.5	\	0.2
重34	435.05	20.4	0.6	0.6	58.2	0.6	3.6	\	1	0.7	\	9.1	1.7	0.6	\	1.2	\	1.7	\	\

对研究区现有的重矿物资料进行分析,发现稳定重矿物含量/不稳定重矿物含量从哈山向盆内逐渐增大,ZTR值的变化也指示相同的规律,表明物源方向由西北向东南方向(图2)。

不同类型的母岩其矿物组分不同,经风化破坏后会产生不同的重矿物组合,因此可以利用重矿物恢复母岩。例如:晶型完好的锆石、电气石和磷灰石伴有少量黑云母的矿物组合指示母岩为花岗岩;石榴石、锆石、绿帘石、十字石、蓝晶石组合表明母岩为变质岩;而磁铁矿、钛铁矿、辉石和角闪石则是基性火山岩的标志;磷灰石、金红石、电气石(粉红色变种)和锡石表明母岩具有酸性岩浆岩的特征<sup>[6-7]</sup>。从重矿物组成看,重35井区以锆石+钛铁矿+黄铁矿为主,含量约占86%,其余为磁铁矿、白钛石、普通辉石等,表现母岩为中性及基性岩浆岩。重29、重33重34井区重矿物以锆石+白钛石+石榴石为主,约占61.7%,十字石、蓝晶石、黑云母、电气石含量的增加,表现出母岩含有变质岩的特征(表2)。由此推测研究区可能存在两个不同母岩区的物源,重29井区和重35井区的物源可能不同。

### 2.3 对古气候的指示

沉积矿物学是目前分析陆缘海环境的主要手段。前人总结了多种示踪沉积环境的矿物学指标,其中包括用海绿石、自生黄铁矿、铁锰氧化物等揭示氧化-还原环境<sup>[12]</sup>。

据表1,研究区各井侏罗系八道湾组重矿物组分赤(褐)铁矿含量不均,平均3.7%,反映了早侏罗世气候温热。其中重30井褐铁矿含量最高(50.4%)、重19井(34.2%)、重33井(20.3%)、重29井(14.3%)高褐铁矿的含量表明沉积时曾暴露地表或气候干燥,其余各井其含量低于10%。

据前人研究,自生黄铁矿大量形成于强还原环境,一般为浅海的强还原带<sup>[8-12]</sup>。研究区自生黄铁矿的含量很高,均值为56.4%,含量超过70%的样品占总样品数的52%,表明水体循环不畅的缺氧还原环境分布范围比较广。其中重3井自生黄铁矿含量均值为74%,最高可达100%,表明沉积环境为强还原环境。重35井黄铁矿含量为37.8%~89.1%,富集的黄铁矿表明了稳定的沉积水体的存在。重34井自生黄铁矿含量均偏低,为0.6%~24%,由于黄铁矿为不稳定重矿物,含量少,可能是由于远离物源或是沉积环境为陆上。其它井不同深度样品黄铁矿含量为0~98%,变化很大,推测由于季节性洪水、暂时性水流造成沉积水体的快速变化,水平面升降频繁。

综合分析认为哈山山前下侏罗统地层沉积时期,气候温暖潮湿,季节性洪水充沛,水体变化较快,湖平面上升和下降交互。推测重19、重28、重33井区处于海陆交互相,重30井区为陆上沉积,重35井区为水下沉积。

### 2.4 对沉积相的指示意义

研究区位于准噶尔盆地西北部乌夏断阶的哈拉阿拉特山近岸带,地形高低起伏。在这些山前隆起断裂造成的陡坡带,易形成冲积扇、扇三角洲、辫状河等粗粒沉积。该区侏罗系八道湾组是以大段灰色、灰绿色中粗砾岩、砂砾岩、砂岩为主,夹泥岩、煤层的沉积。结合前述分析结果,两个以上丰富的物源供给,气候温暖潮湿,充沛的雨量,地形高差大的陡坡带,都是形成冲积扇的有利条件。冲积扇携带沉积物的水流,从冲积扇上的河道末端漫出,形成宽阔的浅水带,在扇间凹地、地势低洼的地方淤积形成湿地(一种地形平坦,地面常年潮湿,有很浅

积水(水深通常小于 2m),被繁茂植物广泛覆盖的沉积环境<sup>[13]</sup>)或沼泽化湖泊。湿地、沼泽、封闭的浅水有利于自生黄铁矿的形成,提供封闭的还原环境和高硫化氢环境。辫状河长期稳定的水流和发育良好的水道,不易形成杂乱堆积砾石混杂的粗碎屑沉积,加之黄铁矿为不稳定重矿物,易风化,发育稳定的水道不易保存。扇三角洲前缘是冲积扇入湖(海)部分,远离哈山的重 19 井高褐铁矿的含量表明暴露地表陆上沉积的特征。因此推测哈山南缘侏罗系八道湾组以冲积扇沉积为主。这与雷振宇(2005)提出的准噶尔西北缘扇体群发育的描述相符<sup>[14]</sup>。

### 3 结论与认识

(1) 准噶尔盆地哈山在侏罗系八道湾组沉积时期构造活动比三工河组沉积时期强烈,最强烈时期在早白垩世沉积前,地层剥蚀严重。

(2) 准噶尔盆地哈山南缘早侏罗世物源方向西北,存在两个不同母岩区的物源。母岩类型以中基性岩浆岩为主,另一物源含有变质岩母岩特征。

(3) 准噶尔盆地哈山南缘早侏罗世,气候温暖潮湿,洪水期和平水期交互,湖平面上升下降频繁,常有洪水作用并携带大量碎屑物,形成了侏罗八道湾组粗粒沉积。

(4) 研究区侏罗系八道湾组以冲积扇沉积为主,多个物源供给,多个扇体叠合连片,组成了准噶尔盆地西北缘的扇体群。

### 参考文献:

- [1] 和钟铨,刘招君,张峰.重矿物在盆地分析中的应用研究进展[J].地质科技情报,2001,20(4):29-31.
- [2] 徐亚军,杜远生,杨江海.沉积物物源分析研究进展[J].地质科技情报,2007,26(3):26-32.
- [3] MORTON A C, HALLSWORTH C R. Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstones [J]. *Sedimentary Geology*, 1999, 124(1/4):3-29.
- [4] 赵红格,刘池洋.物源分析方法及研究进展[J].沉积学报,2003,21(3):409-410.
- [5] 岳艳.浅谈重矿物分析方法[J].科技情报开发与经济,2010,20(12):138-139.
- [6] 姜在兴.沉积学[M].北京:石油工业出版社,2002.48-49.
- [7] 韩作振,高丽华,杨仁超,等.辽河拗陷东部凹陷近系重矿物分布规律及其指示意义[J].矿物岩石,2010,30(3):59-68.
- [8] 林治家,陈多福,刘芊.海相沉积氧化还原环境的地球化学识别指标[J].矿物岩石地球化学通报,2008,27(1):72-80.
- [9] 蔡观强,郭锋,刘显太,等.碎屑沉积物地球化学:物源属性、构造环境和影响因素[J].地球与环境,2006,34(4):75-84.
- [10] 朱延辉,耿建军.不同环境下沉积黄铁矿成因分析[J].河北煤炭,2002,1:11-12.
- [11] 秦蕴珊,赵一阳,陈丽蓉,等.黄海地质[M].北京:海洋出版社,1989.
- [12] 金秉福,林振宏,杨群慧,等.沉积矿物学在陆缘海环境分析中的应用[J].海洋地质与第四纪地质,2002,22(3):113-118.
- [13] 金振奎,苏奎,张永生,等.湿地的沉积特征及石油地质意义[J].中国石油大学学报(自然科学版),2011,35(3):1-6.
- [14] 雷振宇,卞德智,杜社宽,等.准噶尔盆地西北缘扇体形成特征及油气分布规律[J].石油学报,2005,26(1):8-12.

## Lower Jurassic heavy minerals from southern Mt. Hala'alate, Junggar Basin: Characteristics and geological implications

LIU Ya-ying

(Research Center of New District in Western China, Shengli Oil Field, SINOPEC, Dongying 257015, Shandong, China)

**Abstract:** The integration of compositions, assemblages, and their stable coefficients, ZTR index of the heavy minerals has disclosed that there are two NW-trending source areas of the parent rocks from southern Mt. Hala'alate, Junggar Basin. The parent rocks dominantly consist of intermediate and basic magmatic rocks, and those from the north are characteristic of metamorphic rocks. The steep slope features and plentiful seasonal floods in the study area during the Early Jurassic facilitated the formation of the alluvial deposits. During the deposition of the Jurassic deposits, the tectonism exhibited a more severe trend in the Badaowan Formation than in the Sangonghe Formation, and a culmination prior to the deposition of the Early Cretaceous deposits.

**Key words:** Junggar Basin; Mt. Hala'alate; heavy mineral; source area; sedimentary environment