

柴达木盆地北缘古近系重矿物特征及物源分析

林 洪,李凤杰,李 磊,杨豫川,李俊武

(成都理工大学沉积地质研究院,四川 成都 610059)

摘要:应用Q型聚类、相关分析和ZTR指数等数理统计方法,对柴达木盆地北缘古近系碎屑岩中的重矿物进行稳定矿物和非稳定矿物及其组合特征进行了分析,并判断其物源方向。古近系的重矿物主要表现为稳定矿物含量大于非稳定矿物的含量,表明该区沉积物搬运距离较长,离物源区相对较远。柴达木盆地北缘古近系各层组的重矿物类型及其组合形式、ZTR指数分布特征等均很接近,表明物源在沉积演化过程中具有明显的继承性。综合分析得出物源方向有3个:北西部阿尔金山物源区、小赛什腾山—赛什腾山物源区和东部的祁连山—绿梁山物源区。三大物源区内可进一步分为若干小的物源区,各物源相对独立,仅在冷湖四号、五号构造带受阿尔金山物源区及小赛什腾山物源区的综合影响。

关键词:柴达木盆地北缘;重矿物;物源分析;古近系

中图分类号:TE121.3

文献标志码:A

文章编号:1672-1926(2014)04-0532-10

引用格式:Lin Hong, Li Fengjie, Li Lei, *et al.* Characteristics of Paleogene heavy mineral and its source in northern margin of Qaidam Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2014, 25(4): 532-541. [林洪, 李凤杰, 李磊, 等. 柴达木盆地北缘古近系重矿物特征及物源分析[J]. 天然气地球科学, 2014, 25(4): 532-541.]

0 引言

柴达木盆地北缘(简称“柴北缘”)位于盆地西北部,是青海油田三大产油气区之一,其古近系碎屑岩沉积是重要的含油层位^[1-3]。由于地处阿尔金山和祁连山交会处(图1),物源的供给极其复杂,呈现多物源分布的特征。物源是研究区沉积相和砂体展布以及储层岩石学特征的基础,柴北缘古近系物源分析的成果较少,仅笼统的归结为受阿尔金山和祁连山两大物源的控制^[4-5],缺乏对这两大物源的详细分解。尤其是远离物源的湖盆内部如鄂博梁Ⅱ号、Ⅲ号构造和鸭湖构造带,其物源方向缺乏系统地分析,严重制约了该区沉积相和砂体展布等研究,尽快查明柴北缘物源供给特征,为油气勘探提供准确的指导方向成了当务之急。

物源分析的方法众多,包括重矿物法、地球化学

法、碎屑岩类分析法和沉积法等^[6-7]。在这些分析方法中,因重矿物是物源变化极为敏感的指示剂^[6],故被广泛运用于物源分析^[8-11]。柴北缘古近系重矿物类型多样、资料众多,有利于开展物源分析,因此,本文从重矿物组合特征方面对柴北缘古近系的物源方向进行分析和探讨,为该区的油气勘探开发提供重要指导。

柴北缘内部构造复杂,包括冷湖、鄂博梁、碱山、鸭湖和南八仙等构造带^[12-15],各构造带进一步可分为若干小区带(图1)。柴北缘古近系地层自下而上依次划分为:路乐河组(E_{1+2})、下干柴沟组下段(E_3^1)和下干柴沟组上段(E_3^2)共3个层组,其岩性组合以含砾砂岩、砂岩和泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩为特征。沉积体系具有多样性:以南八仙—马海西部深大断裂为界,冷湖及鄂博梁Ⅰ号、Ⅱ号构造发育冲积扇—扇三角洲—湖泊沉积体系,马海—南八仙地区发育冲积

收稿日期:2013-04-25;修回日期:2013-12-16.

基金项目:国家自然科学基金(编号:41172100);四川省教育厅自然科学重点项目(编号:09ZA007)联合资助.

作者简介:林洪(1988-),男,江西抚州人,硕士研究生,主要从事沉积学研究. E-mail: xjmshu@sina.com.

通讯作者:李凤杰(1972-),男,山东沂水人,副教授,博士后,主要从事沉积学、层序地层学及油气地质研究. E-mail: lifengjie72@163.com.

扇—辫状河—辫状河三角洲—湖泊沉积体系^[16-17]。

1 重矿物类型及含量

重矿物作为砂岩碎屑物质的重要组成部分,相对于其他碎屑沉积物而言受风化、搬运和成岩作用的影响较少,能够较多地保留其母岩的特征,而来自

于同一母岩区的各种重矿物间必然存在着内在联系,即同一起来源的沉积物具有相同的重矿物组合特征^[6,18];或者说不同岩性的母岩具有不同的重矿物组合,经风化破坏后形成的风化产物也不一样,因此可根据重矿物含量、组合特征及其平面展布来反映母岩类型及物源方向^[8,19]。

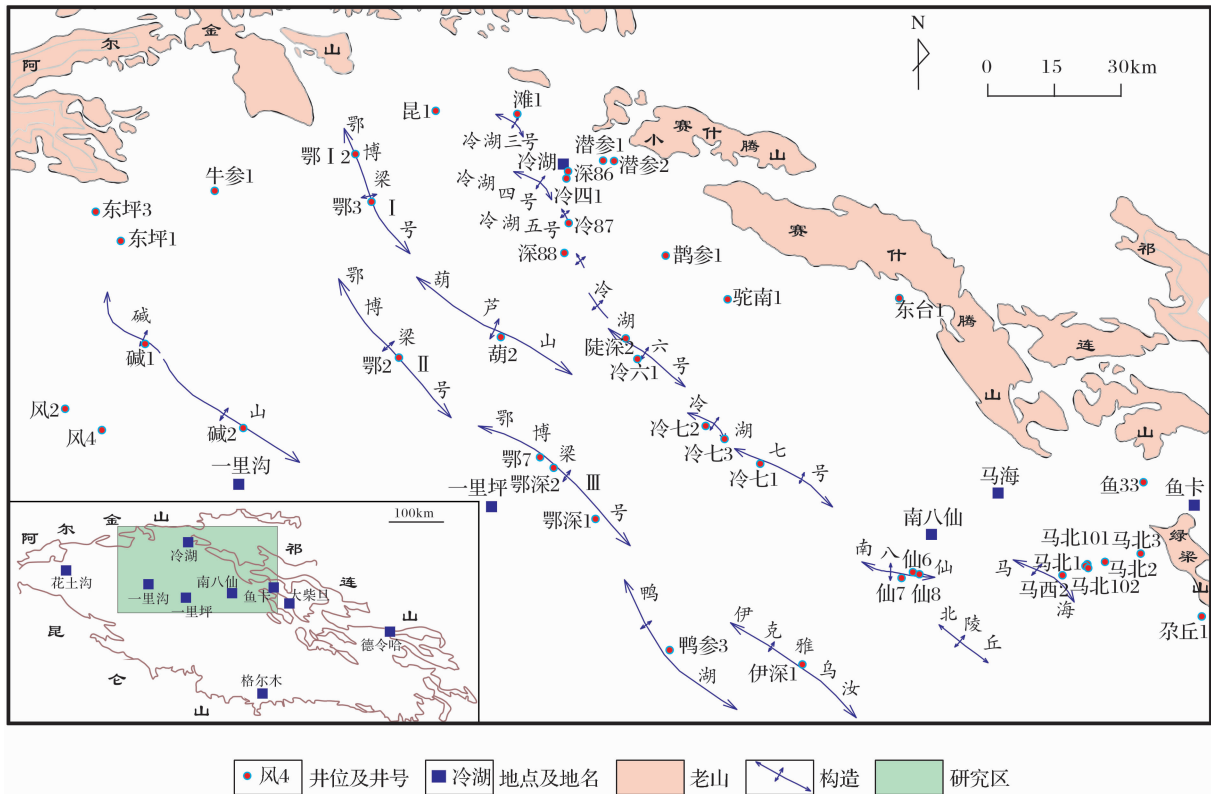


图 1 柴北缘构造带分布及研究区位置示意
Fig. 1 Tectonic units in northern margin of Qaidam Basin and the location of study area

重矿物是物源区的重要标志,在物源分析中占有重要地位^[9]。根据重矿物的稳定性将其划分为超稳定、稳定、中等稳定、不稳定和极不稳定 5 个等级^[18,20]。随着风化作用的加强和搬运距离的增加,不稳定矿物含量逐渐减少、稳定超稳定矿物的含量逐渐增加^[21]。

通过对柴北缘古近系 27 口钻井古近系 3 个层段的 1031 个岩心样品进行数理统计(表 1),其中稳定重矿物主要包括锆石(0.7%~32.0%)、电气石(0~4.7%)、磁铁矿(7.1%~74.1%)和白钛矿(0~37.0%)等;不稳定的重矿物主要包括绿帘石(0~49.3%)、角闪石(0~26.7%)、辉石(0~6.1%)、石榴子石(4.1%~44.3%)和硅灰石(0~7.3%)等。

从表 1 中可以看出,柴北缘古近系重矿物类型以稳定矿物为主,稳定矿物与不稳定矿物含量的比

值大,即稳定系数^[22]较高,表明其搬运距离长,远离物源区;但在局部地区(如潜参 1 井、潜参 2 井)含有大量绿帘石、角闪石等不稳定矿物,稳定系数较低,离物源区较近。纵向上,柴北缘古近系不同层段的重矿物组成差异不大,物源区相对稳定。

2 重矿物组合分析

根据砂岩重矿物出现的类型及组合,可以确定砂岩的物源及源区岩石类型^[8]。笔者通过重矿物的矿物学研究和统计学分析,确定有成因联系的重矿物组合,并借此推断物源区的母岩类型;应用重矿物类型、重矿物组合及重矿物 ZTR 指数分布特征,确定物源方向。

2.1 重矿物 Q 型聚类分析

Q 型聚类分析是研究样本(即井位)间相互关系

表 1 柴北缘古近系重矿物百分含量统计(单位:%)														
Table 1 Characteristics of heavy mineral of the Paleogene in northern margin of Qaidam Basin(%)														
井名	层位	锆石	电气石	金红石	石榴石	白钛矿	磁铁矿	赤铁矿	绿帘石	黝帘石	角闪石	辉石	榍石	硅灰石
东坪 1	E ₃ ²	9.0	0.2	0.0	8.0	9.0	72.5	0.7	0.5	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
东坪 3	E ₃ ²	9.1	2.5	0.0	5.3	11.2	69.7	1.1	0.8	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
牛参 1	E ₃ ²	21.0	0.3	0.1	19.0	10.6	31.8	11.9	1.0	0.0	0.8	0.2	3.4	0.0
鄂 2	E ₃ ²	22.0	3.5	0.1	4.1	28.7	23.9	3.8	0.2	0.1	1.9	0.1	4.4	7.3
鄂 3	E ₃ ²	14.0	1.3	0.2	16.4	29.5	23.9	4.2	0.8	0.3	2.8	0.7	4.5	1.6
潜参 1	E ₃ ²	0.7	1.1	0.0	7.4	0.0	14.3	2.4	49.3	2.1	15.1	5.1	2.5	0.0
潜参 2	E ₃ ²	0.9	0.7	0.1	12.4	0.0	17.1	2.5	46.8	3.9	13.1	0.8	1.7	0.0
冷四 1	E ₃ ²	8.3	0.2	0.1	44.3	10.3	22.2	1.4	10.4	0.3	1.4	0.1	1.1	0.0
深 86	E ₃ ²	4.0	0.7	0.1	26.7	8.9	18.9	0.2	29.5	1.1	7.4	0.8	1.7	1.0
冷六 1	E ₃ ²	32.0	0.3	0.0	10.4	12.7	44.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
冷七 1	E ₃ ²	29.9	0.7	0.0	13.5	32.0	16.2	2.4	0.4	0.0	2.8	0.0	2.1	0.0
冷七 2	E ₃ ²	20.5	0.0	0.2	12.9	25.9	23.0	1.8	3.9	0.5	5.6	0.0	5.5	0.0
仙 6	E ₃ ²	20.8	1.2	0.1	30.2	28.1	7.1	0.6	1.7	0.0	5.7	0.2	4.2	0.0
仙 8	E ₃ ²	13.3	0.9	0.0	39.2	28.5	7.1	3.0	2.6	0.0	1.7	0.0	3.7	0.0
马北 1	E ₃ ²	17.9	1.3	0.0	31.5	27.9	17.9	0.9	1.7	0.0	0.6	0.0	0.2	0.0
马北 2	E ₃ ²	15.7	0.7	0.0	37.2	24.6	17.6	0.1	2.9	0.0	0.8	0.0	0.5	0.0
马北 3	E ₃ ²	21.4	1.6	0.0	32.2	23.8	18.4	0.0	1.6	0.0	0.8	0.0	0.3	0.0
马北 101	E ₃ ²	13.4	1.2	0.0	36.0	28.2	17.4	0.5	0.8	0.0	1.6	0.0	0.9	0.0
马北 102	E ₃ ²	8.5	0.5	0.0	32.9	37.0	18.0	0.4	1.6	0.0	0.8	0.0	0.2	0.0
尕丘 1	E ₃ ²	8.4	2.1	0.0	35.4	27.9	12.5	0.1	2.6	0.0	11.0	0.0	0.0	0.0
东坪 1	E ₃ ¹	14.0	0.7	0.0	17.0	9.3	50.5	2.4	3.3	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0
东坪 3	E ₃ ¹	13.1	0.3	0.0	6.2	14.3	65.4	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0
牛参 1	E ₃ ¹	21.1	0.5	0.2	17.5	12.0	28.4	13.3	1.8	0.0	1.1	0.5	3.6	0.0
鄂 3	E ₃ ¹	21.9	0.5	0.2	8.8	16.2	34.3	8.9	1.8	0.1	1.7	0.0	5.7	0.0
昆 1	E ₃ ¹	7.4	0.0	0.2	11.1	4.3	35.9	9.0	14.0	0.8	7.8	1.1	8.5	0.0
潜参 1	E ₃ ¹	0.7	0.9	0.0	4.8	0.0	13.2	2.4	40.6	1.6	26.7	6.1	3.0	0.0
潜参 2	E ₃ ¹	0.8	0.4	0.0	12.9	0.0	15.9	2.7	38.5	3.6	22.5	1.1	1.6	0.0
冷四 1	E ₃ ¹	14.5	0.0	0.0	32.7	16.8	17.4	1.4	13.1	0.1	1.8	0.0	2.0	0.0
深 86	E ₃ ¹	3.0	0.3	0.3	26.2	15.4	10.2	0.5	39.5	1.1	2.2	0.0	1.6	0.0
深 88	E ₃ ¹	10.6	1.0	0.0	20.2	15.1	40.2	2.4	3.1	0.0	0.5	0.0	1.9	5.0
仙 7	E ₃ ¹	13.4	2.4	0.1	29.2	18.5	13.0	1.7	12.8	0.8	3.9	0.3	3.9	0.0
马北 1	E ₃ ¹	11.2	1.3	0.0	24.7	8.2	39.8	3.4	7.2	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0
马北 3	E ₃ ¹	9.7	1.4	0.0	22.7	8.1	34.0	1.8	11.3	0.0	10.9	0.0	0.0	0.0
尕丘 1	E ₃ ¹	8.6	1.2	0.0	36.2	15.2	18.4	0.0	7.0	0.0	13.5	0.0	0.0	0.0
东坪 3	E ₁₊₂	1.3	3.0	0.0	9.8	25.8	40.5	17.5	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
牛参 1	E ₁₊₂	10.7	0.1	0.3	10.6	7.5	39.4	20.0	1.6	0.1	0.4	0.1	2.7	6.6
鄂 I2	E ₁₊₂	10.9	0.1	0.0	25.2	13.1	27.0	3.2	17.9	0.1	0.5	0.0	2.0	0.0
昆 1	E ₁₊₂	6.3	0.1	0.1	13.4	6.0	33.9	15.4	12.8	0.6	5.9	0.9	4.5	0.0
滩 1	E ₁₊₂	11.8	0.2	0.0	15.0	2.3	50.4	0.8	13.9	0.0	5.0	0.0	0.6	0.0
潜参 1	E ₁₊₂	0.8	1.2	0.1	7.3	0.0	15.2	4.2	47.5	2.5	12.9	4.8	3.5	0.0
潜参 2	E ₁₊₂	1.1	0.6	0.0	12.5	0.0	16.2	4.9	44.1	3.5	13.6	0.5	2.5	0.0
冷四 1	E ₁₊₂	14.5	0.0	0.0	28.5	10.9	25.0	0.9	16.0	0.0	1.2	0.0	2.7	0.0
深 86	E ₁₊₂	5.9	1.2	0.0	21.7	22.3	12.6	0.4	25.9	2.0	4.8	0.4	2.7	0.0
东台 1	E ₁₊₂	4.7	0.2	0.0	15.9	8.5	58.5	2.5	9.1	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0
仙 7	E ₁₊₂	8.5	4.7	0.8	33.3	9.3	20.8	4.7	6.2	1.6	7.0	0.0	3.9	0.0
马西 2	E ₁₊₂	3.7	0.6	0.0	11.6	8.2	74.1	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

的一种多元统计方法^[23],是把不同样本中的同一变量进行比较。通过确定样本间的相似程度进而对某一时期特征相似或相同的样本进行分类^[21],从而确定该时期样本的组合分区^[9]。

利用 SPSS 统计软件进行 Q 型聚类分析,采用的聚类方法为 Ward 法,度量标准为平方 Euclidean 距离。当 Q 型聚类系统树状图(图 2)的聚类重新标定距离为 4.5 时,下干柴沟组上段(E₃²)精细分区为以下组合:马北 1 井、马北 2 井、马北 3 井、马北 101

井、马北 102 井、尕丘 1 井、仙 6 井和仙 8 井组合,冷四 1 井和深 86 井组合,东坪 1 井和东坪 3 井组合,冷六 1 井和冷七 1 井组合,潜参 1 井和潜参 2 井组合,以及牛参 1 井和鄂 3 井相对独立的钻井;下干柴沟组下段(E₃¹)精细分区为以下组合:马北 1 井、马北 3 井、尕丘 1 井和仙 7 井组合,冷四 1 井和深 86 井组合,东坪 1 井和东坪 3 井组合,潜参 1 井和潜参 2 井组合,以及深 88 井、鄂 3 井、牛参 1 井和昆 1 井相对独立的钻井。

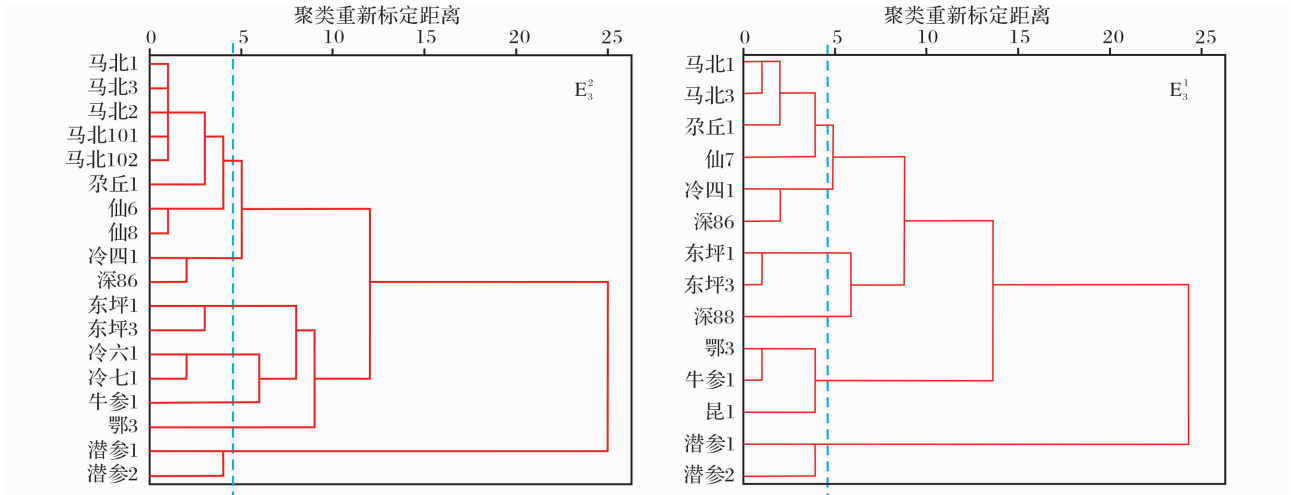


图 2 柴北缘古近系下干柴沟组 Q 型聚类系统树状图

Fig. 2 Q-type cluster analysis systematic trees of Low-Ganchaigou Formation in the northern margin of Qaidam Basin

2.2 重矿物相关分析

不同物源来源的重矿物组合存在着差异,利用多元统计原理的相关分析研究各重矿物之间的相关关系^[23],进而依据重矿物组合类型判断母岩类型。

结合下干柴沟组上段(E₃²)和下干柴沟组下段(E₃¹)的重矿物相关分析结果(表 2,表 3)与其相应的重矿物百分含量(表 1),可以得出柴北缘古近系存在四大类重矿物组合。

表 2 柴北缘古近系下干柴沟组上段重矿物相关系数
Table 2 Heavy mineral correlation coefficients of the upper part of Low-Ganchaigou Formation in the northern margin of Qaidam Basin

	锆石	电气石	石榴石	白钛矿	磁铁矿	赤铁矿	绿帘石	黝帘石	角闪石	辉石	榍石	硅灰石
锆石	1.00	0.06	0.01	0.47	0.13	-0.16	-0.68	-0.67	-0.50	-0.45	0.02	0.07
电气石	0.06	1.00	-0.01	0.28	-0.32	-0.10	0.04	-0.13	0.23	-0.12	-0.02	0.24
石榴石	0.01	-0.01	1.00	0.41	-0.38	-0.22	0.31	-0.22	0.07	-0.29	0.09	-0.12
白钛矿	0.47	0.28	0.41	1.00	-0.32	-0.04	-0.44	-0.55	-0.07	-0.51	0.14	0.30
磁铁矿	0.13	-0.32	-0.38	-0.32	1.00	-0.05	-0.48	-0.03	-0.70	-0.08	-0.41	0.21
赤铁矿	-0.16	-0.10	-0.22	-0.04	-0.05	1.00	0.07	0.35	0.28	0.46	0.64	0.35
绿帘石	-0.68	0.04	0.31	-0.44	-0.48	0.07	1.00	0.61	0.62	0.54	0.27	-0.21
黝帘石	-0.67	-0.13	-0.22	-0.55	-0.03	0.35	0.61	1.00	0.62	0.85	0.40	0.30
角闪石	-0.50	0.23	0.07	-0.07	-0.70	0.28	0.62	0.62	1.00	0.65	0.59	0.14
辉石	-0.45	-0.12	-0.29	-0.51	-0.08	0.46	0.54	0.85	0.65	1.00	0.65	0.29
榍石	0.02	-0.02	0.09	0.14	-0.41	0.64	0.27	0.40	0.59	0.65	1.00	0.40
硅灰石	0.07	0.24	-0.12	0.30	0.21	0.35	-0.21	0.30	0.14	0.29	0.40	1.00

(1) I类:绿帘石、黝帘石和角闪石组合。柴北缘古近系下干柴沟组上段绿帘石与黝帘石和角闪石的相关系数分别高达 0.61 和 0.62,下干柴沟组下段绿帘石与黝帘石和角闪石的相关系数分别高达 0.79 和 0.69。二者均表明绿帘石、黝帘石和角闪石呈高正相关,为不稳定型的重矿物组合。

(2) II类:锆石、白钛矿和石榴石组合。此类重矿物组合可进一步细分为锆石和白钛矿组合以及白钛矿和石榴石组合。下干柴沟组上段和下段重矿物组合相似:锆石和白钛矿及白钛矿和石榴石呈高正相关,与其他矿物呈负相关或低正相关。其中下干柴沟组上段锆石与白钛矿的相关系数为 0.47,白钛矿与石榴石的相关系数为 0.41;而下干柴沟组下段

锆石与白钛矿的相关系数为 0.58,明显大于与其他重矿物的相关系数值,白钛矿与石榴石的相关系数为 0.56。

(3) III类:赤铁矿和榍石组合。下干柴沟组上段和下段赤铁矿与榍石之间的相关系数分别为 0.64 和 0.51,表现为密切的正相关。相比之下,赤铁矿与其他矿物的相关性呈很低的正相关甚至负相关。

(4) IV类:磁铁矿。虽然相关系数分析并没显示磁铁矿与其他重矿物有较强的正相关,但柴北缘古近系重矿物组合中磁铁矿的含量较高,平均含量为 28.80%,其中路乐河组平均为 34.47%,下干柴沟组下段和上段平均为 29.76%和 24.71%,因此,将其单独列为一类。

表 3 柴北缘古近系下干柴沟组下段重矿物相关系数
Table 3 Heavy mineral correlation coefficients of the lower part of Low-Ganchaigou Formation
in the northern margin of Qaidam Basin

	锆石	电气石	石榴石	白钛矿	磁铁矿	赤铁矿	绿帘石	黝帘石	角闪石	辉石	榍石	硅灰石
锆石	1.00	0.00	0.11	0.58	0.36	0.17	-0.72	-0.50	-0.68	-0.41	0.17	-0.03
电气石	0.00	1.00	0.31	0.02	-0.03	-0.07	-0.13	-0.34	0.27	-0.12	-0.28	0.17
石榴石	0.11	0.31	1.00	0.56	-0.35	-0.44	0.12	-0.21	0.01	-0.43	-0.24	0.03
白钛矿	0.58	0.02	0.56	1.00	-0.18	-0.44	-0.30	-0.13	-0.57	-0.53	0.18	0.10
磁铁矿	0.36	-0.03	-0.35	-0.18	1.00	0.20	-0.72	-0.71	-0.44	-0.40	-0.32	0.31
赤铁矿	0.17	-0.07	-0.44	-0.44	0.20	1.00	-0.07	0.08	0.01	0.47	0.51	0.03
绿帘石	-0.72	-0.13	0.12	-0.30	-0.72	-0.07	1.00	0.79	0.69	0.49	0.18	-0.24
黝帘石	-0.50	-0.34	-0.21	-0.13	-0.71	0.08	0.79	1.00	0.44	0.63	0.52	-0.26
角闪石	-0.68	0.27	0.01	-0.57	-0.44	0.01	0.69	0.44	1.00	0.48	-0.12	-0.45
辉石	-0.41	-0.12	-0.43	-0.53	-0.40	0.47	0.49	0.63	0.48	1.00	0.56	-0.20
榍石	0.17	-0.28	-0.24	0.18	-0.32	0.51	0.18	0.52	-0.12	0.56	1.00	0.04
硅灰石	-0.03	0.17	0.03	0.10	0.31	0.03	-0.24	-0.26	-0.45	-0.20	0.04	1.00

综合分析柴北缘古近系的重矿物百分含量、Q型聚类分析和相关分析等结果,将柴北缘古近系按重矿物特征分成 5 个分区(图 3)。其中:①东坪 3 井、牛参 1 井、鄂 3 井和昆 1 井等的重矿物组合为 II 类、III类和 IV 类;②潜参 1 井和潜参 2 井的重矿物组合为 I 类;③冷四 1 井和深 86 井的重矿物组合为 I 类、II类和 IV 类;④冷六 1 井、深 88 井和冷七 1 井等的重矿物组合为 II 类与 IV 类;⑤马北 1 井、马北 101 井、尕丘 1 井和仙 8 井等的重矿物组合也是 II 类与 IV 类,但较①的磁铁矿百分含量低。由于柴北缘古近系路乐河组(E₁₊₂)重矿物样品数据较少,又在盆地形成初期,重矿物 Q 型聚类及相关分析等结果都不理想,仅依据下干柴沟组下段和上段的分析结果

来推断其物源特征。

3 ZTR 指数分布特征

重矿物的 ZTR 指数是由稳定矿物锆石(Z)、电气石(T)和金红石(R)组成的透明矿物组合的百分含量。重矿物的 ZTR 指数具有指示物源方向的意义:随着搬运距离的增加,ZTR 指数越高,远离物源区。从图 4 中可以看出,柴北缘古近系有三大物源:西北部阿尔金山物源区,小赛什腾山与赛什腾山物源区,东部的祁连山与绿梁山物源区,且不同时期的 ZTR 存在一定的继承性,三大物源区又可进一步分为若干小区。

(1)西北部阿尔金山物源区的 ZTR 指数由北向

南逐渐增大,在下干柴沟组上段可以延伸至鄂 2 井,表明物源由北向南注入盆地;该大区进一步可细分为 2 个小区:东坪构造带和鄂博梁 I 号、II 号构造带。

(2)小赛什腾山与赛什腾山物源区的 ZTR 指数由北东向南西方向逐渐增大,表明该区物源自北东向

南西注入盆地。该大区进一步可分为 2 个小区:冷湖三号、四号、五号构造带和冷湖六号、七号构造带。

(3)东部的祁连山与绿梁山物源区的 ZTR 指数也由北东向南西逐渐增大,表明物源由北东向南西方向运移,即由鱼卡向南八仙方向流入盆地。

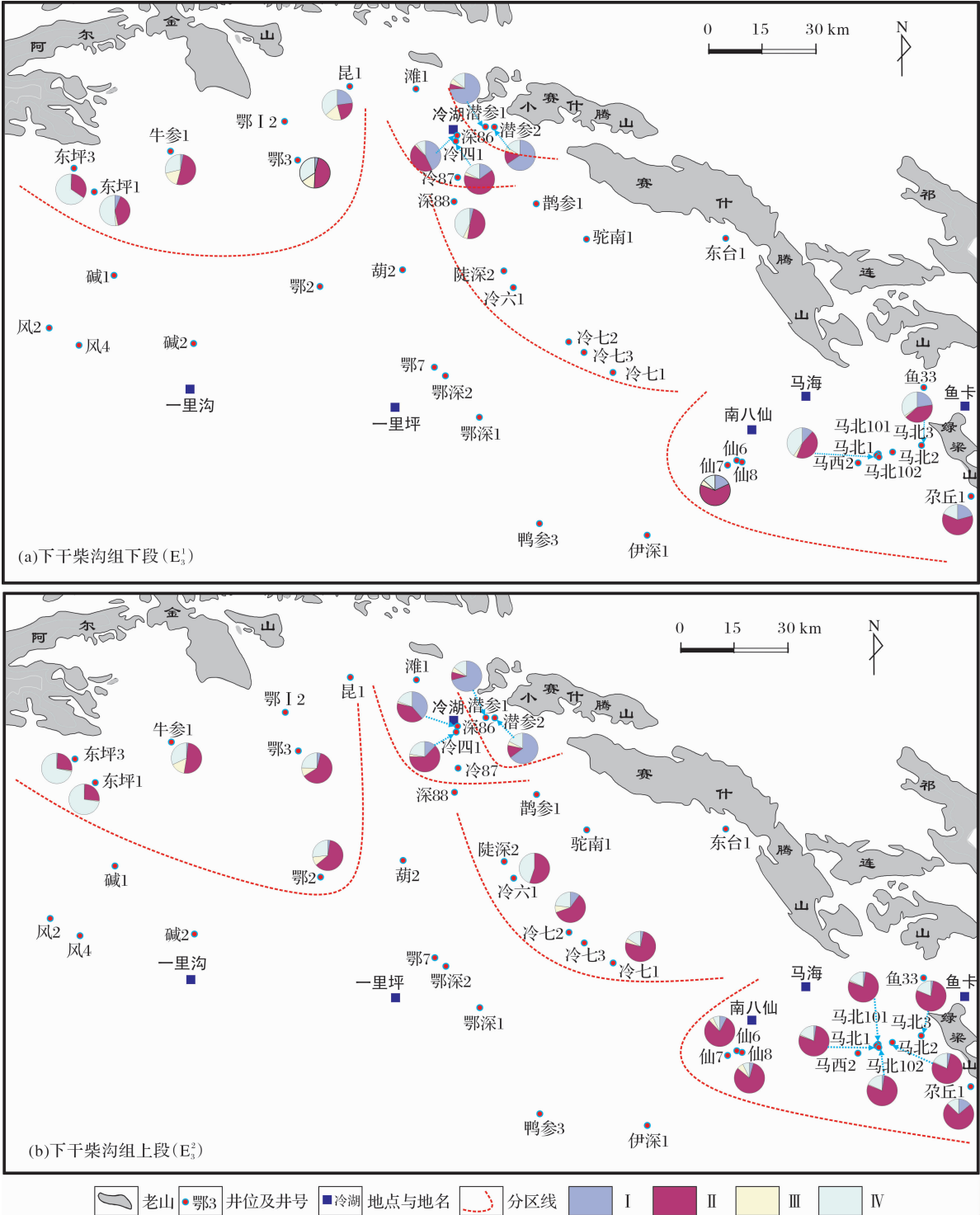


图 3 柴北缘古近系下干柴沟组重矿物组合类型平面分布特征

Fig. 3 The distribution of different heavy mineral associations of Low-Ganchaigou Formation in the northern margin of Qaidam Basin

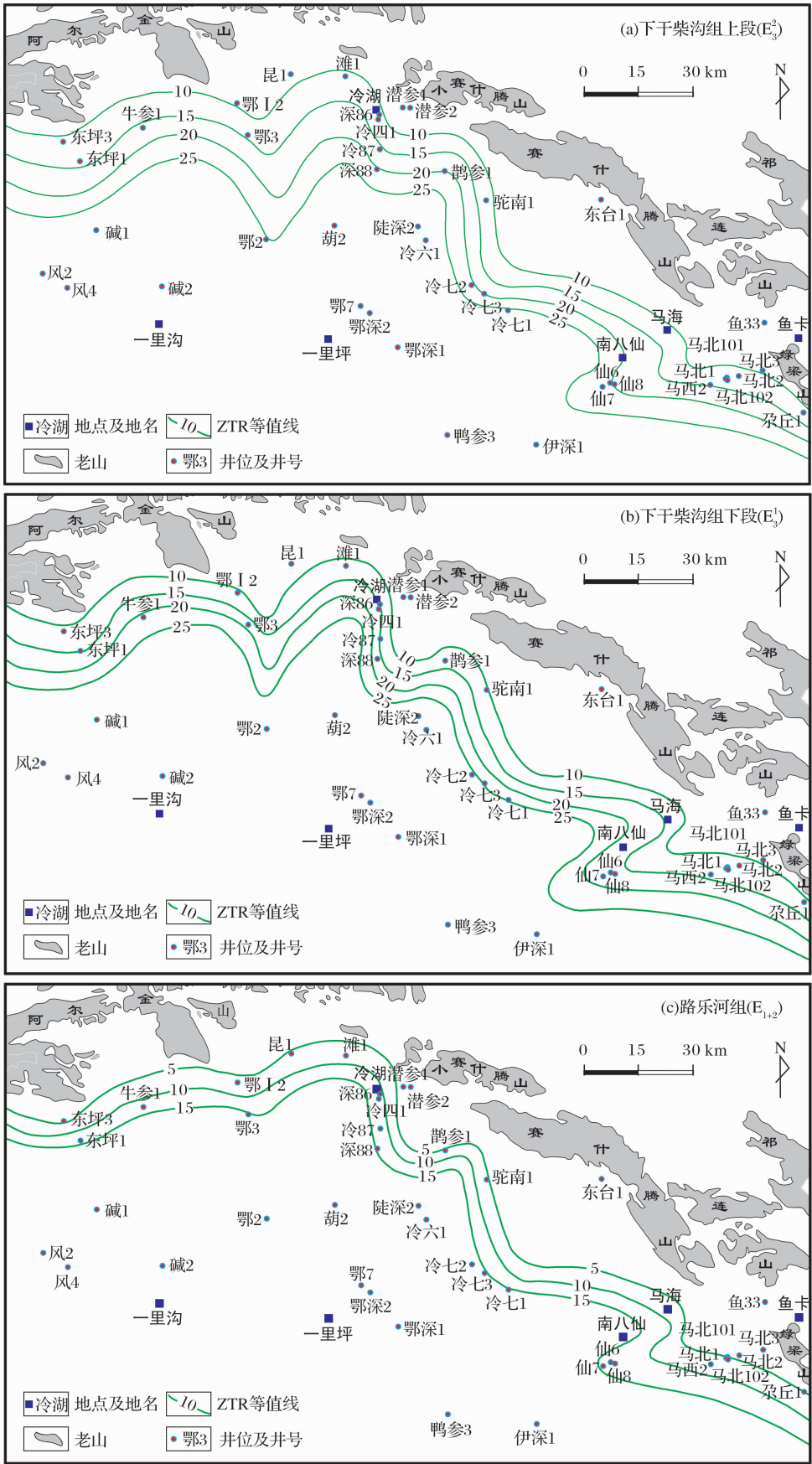


图 4 柴北缘古近系重矿物 ZTR 等值线

Fig. 4 The heavy minerals ZTR isopleth of the Paleogene in the northern margin of Qaidam Basin

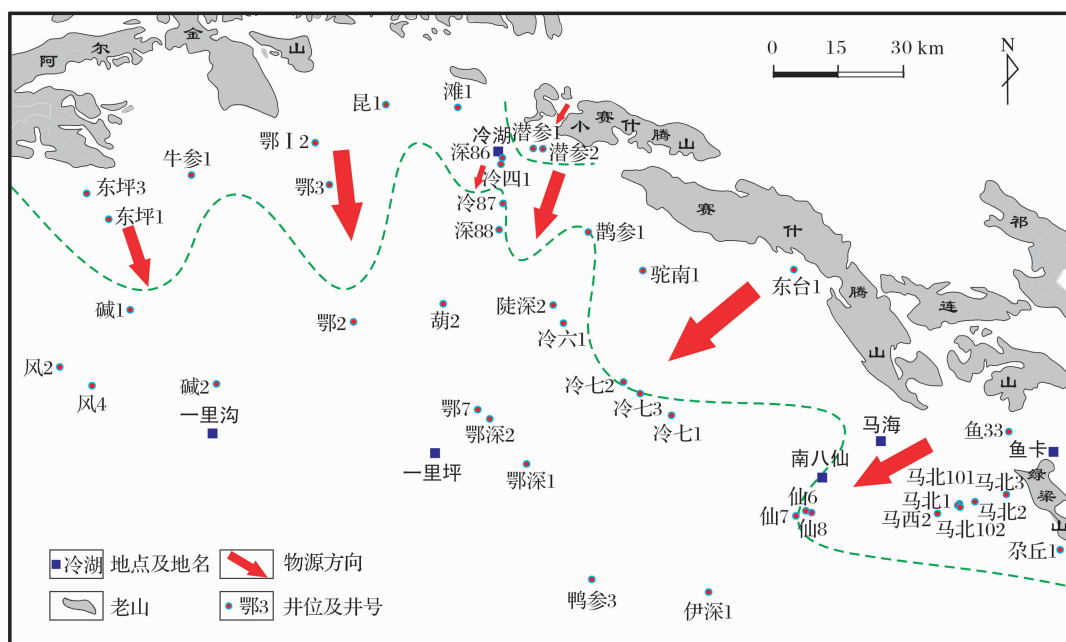


图5 柴北缘古近系物源方向及分布特征

Fig. 5 The provenance distribution of the Paleogene in the northern margin of Qaidam Basin

4 柴北缘古近系物源分析

通过上述重矿物的Q型聚类分析、相关分析和组合分析以及ZTR指数分析,可以总结柴北缘古近系的物源方向,该区主要发育三大物源:西北部阿尔金山物源区,小赛什腾山与赛什腾山物源区,东部的祁连山与绿梁山物源区,三大物源区内可进一步分为若干小区(图5)。

4.1 西北部阿尔金山物源区

该区包括东坪—碱山构造带、鄂博梁I号和II号构造带,重矿物组合主要为II类和IV类,其次是III类,推测母岩类型是中基性岩浆岩和中级变质岩及少量沉积岩。Q型聚类分析表明该区钻井东坪1井和东坪3井组合,牛参1井、鄂3井相对独立的钻井;ZTR指数分布则表明该区有东坪构造带和鄂博梁I号和II号构造带,综上可分析西北部阿尔金山物源区可进一步分为东坪—碱山构造带、鄂博梁I号和II号构造带(图5)。

4.2 小赛什腾山与赛什腾山物源区

该区包括冷湖三号、四号、五号、六号和七号构造带。重矿物组合类型表明冷湖三号、四号、五号构造带的物源主要来自小赛什腾山物源区,潜参1井和潜参2井重矿物组合为I类,母岩类型可能是中高级变质岩和中基性岩浆岩;冷湖地区的冷四1井和深86井的重矿物组合为I类、II类和IV类,母岩类型可能为中高级变质岩和中基性岩浆岩,推断该地

区受到阿尔金山物源区和小赛什腾山物源区的共同影响。冷湖六号、七号构造的物源主要来自赛什腾山物源区,重矿物组合类型是II类与IV类,推测母岩类型是中基性岩浆岩。Q型聚类分析表明该区存在冷四1井和深86井组合、潜参1井和潜参2井组合、冷六1井和冷七1井组合;ZTR指数分布表明存在冷湖三号、四号、五号构造带和冷湖六号、七号构造带次级物源。综上可分析小赛什腾山与赛什腾山物源区可进一步分为冷湖三号、四号、五号构造带和冷湖六号、七号构造带次级物源,在潜山潜参1井一带存在相对较近的次要物源区(图5)。

4.3 祁连山与绿梁山物源区

该区包括马海和南八仙构造带,二者均具有II类与IV类重矿物组合,推测母岩类型也是中基性岩浆岩,Q型聚类分析表明该区具有马北1井、马北101井、尕丘1井和仙6井等组合,ZTR指数分布也显示该区为相同的物源区(图5)。

5 结论

(1)柴北缘地区古近系重矿物以稳定矿物锆石、磁铁矿和白钛矿等为主,不稳定矿物含量较少,表明该区沉积物搬运距离较长,离物源区相对较远。

(2)柴北缘古近系各层组的重矿物类型及其组合形式、ZTR指数分布特征等均很接近,表明物源在沉积演化过程中具有明显的继承性。

(3)柴北缘古近系物源主要有三大方向:西北部

阿尔金山物源、小赛什腾山与赛什腾山物源及东部的祁连山—绿梁山物源。三大物源区内可进一步分为若干小区物源区,各物源相对独立,仅在冷湖四号、五号构造带受阿尔金山物源区及小赛什腾山物源区的综合影响。

参考文献(References):

- [1] Wang Peng, Zhao Chenglin. Characteristics of Tertiary reservoir sedimentary facies in the north part of Qaidam Basin[J]. Journal of the University of Petroleum, China; Edition of Natural Science, 2001, 25(1): 12-15. [王鹏, 赵澄林. 柴达木盆地北缘地区第三系碎屑岩储层沉积相特征[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2001, 25(1): 12-15.]
- [2] Yuan Jianying, Chen Qilin, Chen Yingbin, *et al.* Petroleum geological character and favorable exploration domains of Qaidam Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2006, 17(05): 640-644. [袁剑英, 陈启林, 陈迎宾, 等. 柴达木盆地油气地质特征与有利勘探领域[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(05): 640-644.]
- [3] Fu Suotang, Wang Liqun, Xu Ziyuan, *et al.* Geological conditions of deep gas pools and their favorable prospects[J]. Natural Gas Geoscience, 2009, 20(6): 841-846. [付锁堂, 汪立群, 徐子远, 等. 柴北缘深层气藏形成的地质条件及有利勘探区带[J]. 天然气地球科学, 2009, 20(6): 841-846.]
- [4] Wang Yadong, Liu Yongjiang, Chang Lihua, *et al.* Application of sediment grain size analysis researched on the uplift of Altyn[J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2005, 35(2): 155-161. [王亚东, 刘永江, 常丽华, 等. 沉积物粒度分析在阿尔金山隆升研究中的应用[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2005, 35(2): 155-161.]
- [5] Li Fengjie, Liu Qi, Liu Dianhe, *et al.* Characteristics and influential factors of Low-Ganchaigou Formation reservoir in north edge of Qaidam Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2009, 20(1): 44-49. [李凤杰, 刘琪, 刘殿鹤, 等. 柴达木盆地北缘下干柴沟组储层特征及影响因素分析[J]. 天然气地球科学, 2009, 20(1): 44-49.]
- [6] Zhao Hongge, Liu Chiyang. Approaches and prospects of provenance analysis[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(3): 409-413. [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): 409-413.]
- [7] Yang Renchao, Li Jinbu, Fan Aiping, *et al.* Research progress and development tendency of provenance analysis on terrigenous sedimentary rocks[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2013, 31(1): 99-102. [杨仁超, 李进步, 樊爱萍, 等. 陆源沉积岩物源分析研究进展与发展趋势[J]. 沉积学报, 2013, 31(1): 99-102.]
- [8] He Zhonghua, Liu Zhaojun, Zhang Feng. Latest progress of heavy mineral research in the basin analysis[J]. Geological Science and Technology Information, 2001, 20(4): 29-31. [和钟铎, 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.]
- [9] Shi Zhensheng, Wang Xiuqin, Wu Changjiang. The heavy minerals and provenances of the Upper Triassic Xujiahe Formation in Sichuan Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2011, 22(4): 618-625. [施振生, 王秀芹, 吴长江. 四川盆地上三叠统须家河组重矿物特征及物源区意义[J]. 天然气地球科学, 2011, 22(4): 618-625.]
- [10] Liu Qunming, Chen Kaiyuan, Wang Jian, *et al.* The provenance analysis of the Quaternary heavy minerals in Sanhu Depression, Qaidam Basin[J]. Geoscience, 2011, 25(2): 315-321. [刘群明, 陈开远, 王键, 等. 柴达木盆地三湖坳陷第四系重矿物物源分析[J]. 现代地质, 2011, 25(2): 315-321.]
- [11] Zhang Daofeng, Yang Wenjing, Qi Yaling, *et al.* Analysis of the material source of Upper Paleozoic Shanxi Formation in Shenmu region of Ordos Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2009, 20(06): 902-906. [张道锋, 杨文敬, 漆亚玲, 等. 鄂尔多斯盆地神木地区上古生界山西组物源分析[J]. 天然气地球科学, 2009, 20(06): 902-906.]
- [12] Tang Liangjie, Jin Zhijun, Zhang Mingli, *et al.* Tectonic evolution and oil(gas) pool-forming stage in northern Qaidam Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2000, 27(2): 36-39. [汤良杰, 金之钧, 张明利, 等. 柴达木盆地北缘构造演化与油气成藏阶段[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(2): 36-39.]
- [13] He Zhonghua, Liu Zhaojun, Guo Wei, *et al.* The genetic type of the Mesozoic basin in northern Qaidam and its tectonic-sedimentary evolution[J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2002, 32(4): 333-338. [和钟铎, 刘招君, 郭巍, 等. 柴达木北缘中生代盆地的成因类型及构造沉积演化[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2002, 32(4): 333-338.]
- [14] Dai Junsheng, Ye Xingshu, Tang Liangjie, *et al.* Tectonic units and oil-gas potential of the Qaidam Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2003, 38(3): 413-424. [戴俊生, 叶兴树, 汤良杰, 等. 柴达木盆地构造分区及其油气远景[J]. 地质科学, 2003, 38(3): 413-424.]
- [15] Li Mingyi, Yue Xiangnan, Jiang Qingchun, *et al.* Relationship between hydrocarbon accumulation and tectonic evolution in main structural belt of the northern border of Qaidam Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2012, 23(3): 461-468. [李明义, 岳湘安, 江青春, 等. 柴达木盆地北缘主要构造带构造演化与油气成藏关系[J]. 天然气地球科学, 2012, 23(3): 461-468.]
- [16] Li Fengjie, Meng Lina, Fang Chaogang, *et al.* Palaeogeographic evolution of the Paleogene and Neogene in north margin of Qaidam Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2012, 14(5): 596-606. [李凤杰, 孟立娜, 方朝刚, 等. 柴达木盆地北缘古近纪—新近纪古地理演化[J]. 古地理论, 2012, 14(5): 596-606.]
- [17] Wu Zhixiong, Shi Jian, Zhang Yongshu, *et al.* Sedimentary features and facies of Paleogene braided river in Mabei area[J]. Natural Gas Geoscience, 2012, 23(05): 849-855. [吴志雄, 史基安, 张永庶, 等. 柴达木盆地北缘马北地区古近系辫状河微相特征及沉积模式[J]. 天然气地球科学, 2012, 23(05): 849-855.]
- [18] Jiang Zaixing. Sedimentology[M]. Beijing: Petroleum Industry

Press,2003;46-54. [姜在兴. 沉积学[M]. 北京:石油工业出版社,2003;46-54.]

[19] Ma Feng,Liu Li,Yan Hua. Application of the statistical analysis in researching the type of mother rock in the west strata of Songliao Basin[J]. Global Geology,2003,22(4):331-338. [马锋,刘立,闫华. 统计分析在松辽盆地西部地层母岩类型研究中的应用[J]. 世界地质,2003,22(4):331-338.]

[20] Zeng Yunfu,Xia Wenjie. Sedimentary Petrology[M]. Beijing: Geological Publishing House,1986. [曾允孚,夏文杰. 沉积岩石学[M]. 北京:地质出版社,1986.]

[21] Cao Yingchang,Zhou Lei,Zhang Yuming,*et al.* Discussion on provenance systems in Yingcheng Formation in Shiwu area of Shiwu fault depression, Songliao Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica,2011,29(6):1096-1104. [操应长,周磊,张玉明,等. 松辽盆地十屋断陷十屋地区营城组物源体系探讨[J]. 沉积学报,2011,29(6):1096-1104.]

[22] Wu Chaodong, Lin Changsong, Shen Yanping, *et al.* The source area properties of Jurassic sandstone components and heavy mineral assemblages in Kuqa Depression[J]. Progress in Natural Science,2005,15(3):37-43. [吴朝东,林畅松,申延平,等. 库车坳陷侏罗系砂岩组分和重矿物组合特征及其源区属性[J]. 自然科学进展,2005,15(3):37-43.]

[23] Du Qiang, Jia Liyan. The Statistical Analysis of SPSS from Entry to the Master[M]. Beijing: Posts and Telecom Press, 2011:234-288. [杜强,贾丽艳. SPSS 统计分析从入门到精通[M]. 北京:人民邮电出版社,2011:234-288.]

Characteristics of Paleogene Heavy Mineral and Its Source in Northern Margin of Qaidam Basin

LIN Hong,LI Feng-jie,LI Lei,YANG Yu-chuan,LI Jun-wu

(Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract:Depended on mathematical statistics of Q type cluster,correlation analysis and ZTR indexes,we discuss the stability and non-stability of heavy minerals and their relevant assemblages in the Paleogene clastic rocks in the northern margin of Qaidam Basin,and ensure the direction of the parent sources. The content of stable minerals is more than that of non-stable one in the Paleogene heavy minerals,suggesting that the mineral had accepted a long-distance transport from the parent source. The similar characteristics of heavy mineral types,relevant assemblages and ZTR indexes occurs in interval setting of Paleogene,indicating that the inheritance sedimentation had happened in the evolutionary process. Three input directions of parent sources are gotten as follows:northwestern direction from Altyn,Xiao Saishitengshan and Saishitengshan direction,and east direction from Qilian Mountain and Lüliangshan. Each source can divide into some smaller one and each of small sources is relatively independent. The fourth and fifth tectonic belts of Lenghu were commonly affected by both sources of Altyn and Xiao Saishitengshan.

Key words:Northern margin of Qaidam Basin;Heavy mineral;Source analysis;Paleogene