

内蒙古西部额济纳旗及邻区石炭纪—二叠纪盆地重矿物的特征及意义

陈高潮¹, 李玉宏¹, 史冀忠¹, 李金超¹, 赵陕兰²

CHEN Gao-chao¹, LI Yu-hong¹, SHI Ji-zhong¹, LI Jin-chao¹, ZHAO Shan-lan²

1. 中国地质调查局西安地调中心, 陕西 西安 710054;

2. 陕西省地矿局区域地质矿产研究院, 陕西 咸阳 712000

1. Xi'an Center of Geological Survey, China Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

2. Shaanxi Institute of Regional Survey, Xianyang 712000, Shaanxi, China

摘要: 为了确定巴丹吉林盆地石炭系—二叠系盆山构造格局和物源体系, 分析了巴丹吉林盆地石炭系—二叠系剖面碎屑岩中重矿物的含量和组合特征。结果显示: 石炭系红石山—黑鹰山坳陷重矿物组合为锆石+磷灰石, 红柳大泉坳陷为锆石+金红石+磷灰石+电气石, 锡林浩特坳陷为锆石+金红石+磷灰石+电气石+石榴子石, 珠斯棱坳陷为锆石+金红石+磷灰石+电气石; 二叠系红石山—黑鹰山坳陷重矿物组合为锆石+磷灰石+石榴子石, 红柳大泉坳陷为锆石+金红石+磷灰石+电气石+石榴子石, 锡林浩特坳陷为锆石+石榴子石+电气石, 珠斯棱坳陷为锆石+金红石+磷灰石+电气石+石榴子石。巴丹吉林盆地存在阿拉善—狼山古陆和马鬃山—切刀古隆起 2 个物源体系。

关键词: 重矿物; 巴丹吉林盆地; 盆山格局

中图分类号: P534.45; P534.46; P57

文献标志码: A

文章编号: 1671-2552(2011)06-0962-10

Chen G C, Li Y H, Shi J Z, Li J C, Zhao S L. Heavy mineral characteristics of Carboniferous–Permian strata in Ejin Banner and its vicinities, western Inner Mongolia, and their significance. *Geological Bulletin of China*, 2011, 30(6):962–971

Abstract: Aim—to confirm the basin-and-range structural framework evolvement and provenance system of Carboniferous to Permian in Badanjaran basin. Method—by analyzing the content and the combined characteristic of clastic heavy mineral in sections of different depression belts of Carboniferous to Permian. Results—most of the heavy minerals in Badanjaran basin didn't suffer long-distance transport and the heavy minerals combination are different in different secondary units of different periods. In Carboniferous, the combination forms are zircon+apatite in Hongshishan–Heiyingshan depression, zircon+rutile+apatite+tourmaline in Hongliudaquan depression, zircon + rutile+apatite+tourmaline+garnet in Xilinhaote depression with garnet's drastically increasing upwards and zircon+rutile+apatite+ tourmaline in Zhusileng delve. Whereas, in Permian, the combination forms are zircon+apatite+ garnet in Hongshishan–Heiyingshan, zircon+rutile+apatite+tourmaline+garnet in Hongliudaquan depression, zircon + garnet + tourmaline in Xilinhaote depression, zircon+rutile+apatite+tourmaline+garnet in Zhusileng delve. Basin heavily shrunked in Late Permian northwards and marine sedimentary heavy mineral combination is zircon + rutile+apatite + tourmaline. Conclusion—there are two provenance systems in Badanjaran basin, Alashan–Langshan ancient land and Mazongshan slitter palaeohigh.

Key words: heavy mineral; Badanjaran basin; basin-and-range framework

近年, 通过对造山带相邻盆地中沉积记录的研究, 逐渐形成了从盆地沉积记录来确定和再造相邻

造山带构造演化和盆山格局的方法^[1]。盆地物源分析是再现沉积盆地演化、恢复古环境的重要依据, 砂

收稿日期: 2011-03-23; 修订日期: 2011-04-22

资助项目: 中国地质调查局国土资源大调查项目《西北地区中小盆地群油气资源远景调查项目》(编号: 1212010733506)

作者简介: 陈高潮 (1968-), 男, 高级工程师, 从事区域地质矿产调查与研究。E-mail: sxxyc08@163.com

岩中的重矿物可以保留丰富的母岩信息,是物源区分析的依据之一^[2-4]。地质学家很早就根据重矿物的物性特征(如颜色、形态、颗粒、硬度、稳定性等)及其组合来判别物源,取得了不少成功的实例^[5-9]。巴丹吉林盆地是银—额(银根—额济纳旗)地区石炭纪—二叠纪发育在天山—兴安造山带上的裂谷裂陷盆地的总称^[10],堆积了大量从盆地周缘剥蚀搬运的碎屑沉积,虽然盆地沉积经历了多期构造改造,但地层保存厚度大,碎屑岩发育,为研究石炭纪—二叠纪构造作用、沉积背景和盆山格局提供了理想的条件。目前对于银—额地区及其邻区石炭纪—二叠纪构造演化及盆山格局研究受露头 and 自然条件限制,研究相对薄弱。本文主要通过对碎屑岩中重矿物特征的分析探讨石炭纪—二叠纪盆山构造格局和盆地物源特征。

1 区域地质概况

研究区位于哈萨克斯坦板块与塔里木板块、华北板块的结合部位,石炭纪—二叠纪进入板内伸展阶段,广泛发育以新生大陆地壳为基底的板内裂谷裂陷盆地^[10-11]。区内地层从中太古界—第四系不同程度都有出露,特别是中生代陆相地层大面积分布。前南华系普遍发生低绿片岩相—角闪岩相变质,分布于盆地南缘的敦煌—阿拉善—狼山古陆和马鬃山—拐子湖中间隆起带。下古生界浅变质火山岩—碎屑岩—碳酸盐岩主要分布于阿尔金断裂以西和恩格尔乌苏断裂以北的北山地区;石炭系—二叠系裂谷裂陷盆地以火山岩—碎屑岩为主夹碳酸盐岩;中、新生界为陆相碎屑沉积。

盆地西部断裂走向 NWW—EW 向,主要断裂自北向南有红石山断裂带、明水—公路井断裂、石板井—小黄山断裂、牛圈子—洗肠井缝合带;盆地东部断裂走向 NE、NEE 向,主要断裂自北向南包括恩格尔乌苏断裂、阿拉善隆起北缘断裂、狼山西缘断裂,盆地中部为阿尔金断裂。上述断裂普遍具有多期活动的特征。

晋宁期—燕山期区内都有岩浆活动。晋宁期基性—酸性侵入岩侵入基底地层;加里东期侵入岩沿牛圈子—洗肠井缝合带北侧出露,另外在阿拉善—狼山古隆起中也有加里东晚期侵入体;华力西期中晚期酸性侵入岩大面积分布于裂谷盆地内;印支期—燕山期侵入岩规模较小,集中分布于北山地区

和阿拉善—狼山隆起带。

2 盆地周缘物源区地质特征

晚古生代沉积建造揭示研究区为一隆—盆构造格局(图1),即南部为敦煌—阿拉善—狼山古陆,北部为巴丹吉林盆地。巴丹吉林盆地包括黑鹰山—红石山坳陷、马鬃山—拐子湖中间隆起、红柳大泉坳陷和锡林浩特坳陷。红柳大泉坳陷带、锡林浩特坳陷带被巴丹吉林沙漠隔开,本文暂按照2个坳带对待。石炭系—二叠系物源仅与前石炭系地质体关系密切,下文只简要介绍石炭系沉积前的地质体。

2.1 敦煌—阿拉善—狼山古陆

阿尔金断裂以西的敦煌段前石炭系包括:中太古代—古元古代敦煌杂岩,岩石组合为片麻岩、斜长角闪岩、石英片岩、大理岩及混合岩^[11];长城系古铜井群岩石组合为变砂岩、千枚岩、板岩;蓟县系—青白口系园藻山群为碳酸盐岩、碎屑岩互层;南华系—震旦系由砾岩、泥质岩、碳酸盐岩组成;寒武系为炭硅质岩、泥碎屑岩、碳酸盐岩;奥陶系为陆缘碎屑岩、炭硅质岩、碳酸盐岩;志留系为低成熟度陆缘碎屑岩。晋宁期岩浆岩规模小,呈小岩珠零星出露,以中酸性侵入岩为主。

阿尔金断裂以东阿拉善—狼山段前石炭系包括:新太古代—古元古代乌拉山群、阿拉善群、宝音图群,高角闪岩相—绿片岩相变质,岩石组合为石英片岩、大理岩、片麻岩^[11]。长城系—蓟县系为碎屑岩、泥质岩、碳酸盐岩不等厚互层,分布零星;南华系—震旦系以碳酸盐岩为主;早古生代和泥盆纪为一隆起区,未接受沉积。晋宁期和加里东期中酸性侵入岩比较发育,呈岩株状,侵入于基底地层中。

2.2 马鬃山—拐子湖中间隆起

该带属于巴丹吉林盆地内部次级低幅度隆起带,包括马鬃山、赛汉陶来、切刀3个古隆起。

赛汉陶来古隆起被第四系覆盖,地层和侵入岩情况不明。

马鬃山古隆起地层包括:新太古代—古元古代北山杂岩,主要岩性为黑云石英片岩、黑云斜长片麻岩、大理岩、变粒岩;南华系—震旦系为裂陷海槽火山—重力流碎屑沉积;寒武系为炭硅质岩、泥质碎屑岩、碳酸盐岩;奥陶系为弧后盆地碎屑岩、火山岩夹碳酸盐岩;志留系为火山岩—碎屑岩;泥盆系为滨浅海相碎屑岩、碳酸盐岩。晋宁期—加里东期侵入岩发

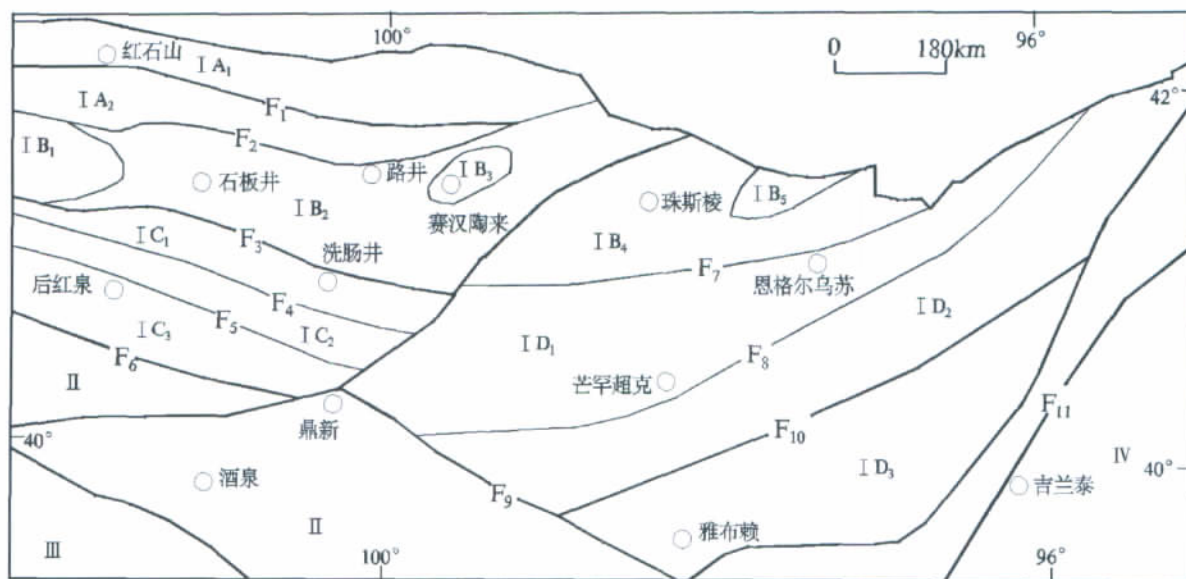


图 1 银—额地区石炭纪—二叠纪构造盆地单元划分图

Fig. 1 Basin tectonic units division of Carboniferous to Permian in Yingen-Ejin Banner area

I A—红石山—黑鹰山坳陷带; I A₁—绿条山—六驼山凹陷; I A₂—狼娃山—蓬勃山凹陷; I B—马鬃山—拐子湖中间隆起带;
I B₁—马鬃山古隆起; I B₂—石板井凹陷; I B₃—赛汉陶来古隆起; I B₄—珠斯棱凹陷; I B₅—切刀古隆起;
I C—红柳大泉坳陷; I C₁—文革山—古洞井凹陷; I C₂—歌德坑—红柳大泉凹陷; I C₃—后红泉—梧桐沟凹陷;
I D—锡林浩特坳陷; I D₁—芒罕超克—苏红图凹陷; I D₂—乌力吉—海力素凹陷; I D₃—巴彦诺日公凹陷;
II—敦煌—阿拉善—狼山古陆; III—祁连裂谷盆地; IV—华北克拉通盆地; F₁—红石山断裂; F₂—明水—公路井断裂;
F₃—牛圈子—洗肠井蛇绿缝合带; F₄—红柳大泉断裂; F₅—孤山—红柳泉断裂; F₆—西洞泉—鼎新断裂;
F₇—恩格尔乌苏断裂; F₈—芒罕超克—英格特隐伏断裂; F₉—北大山北麓断裂; F₁₀—雅布赖断裂; F₁₁—吉兰泰断裂

育,以石英闪长岩、英云闪长岩、花岗闪长岩和二长花岗岩为主。

切刀古隆起构造属于准格尔微板块东延部分,出露地层包括:新太古代—古元古代北山杂岩,主要岩性为白云石大理岩夹黑云斜长片麻岩、变粒岩、变质流纹岩;蓟县系—青白口系为硅质白云岩、黑色硅质岩;寒武系—奥陶系为硅质岩、炭硅质板岩、薄层灰岩;志留系为硅质板岩、泥质板岩、粉砂岩、杂砂岩;泥盆系为碎屑岩夹灰岩。晋宁期侵入岩主要为基性侵入体,规模小。切刀古隆起向北东方向延入蒙古境内。

3 重矿物组合特征

重矿物是比重大于 2.89 的矿物。它们在搬运沉积过程中,性质不稳定的重矿物随着搬运距离的增大而逐渐减少,稳定的重矿物相对含量逐渐升高。碎屑岩中重矿物组合及其含量与物源、沉积环境、古气候条件相关,根据重矿物组合及其重量

百分比含量,可以探讨沉积物形成的古气候环境和沉积物来源,并为认识构造演化提供可靠的信息^[1]。本次研究对稳定的重矿物锆石、金红石、磷灰石、石榴子石、电气石、榍石做了分析。重矿物分选磨圆差,显示物源区较近的特点,仅有少量重矿物具有一定的磨圆,反映经过长距离的搬运。综合区域地质背景分析,这部分重矿物可能经过了二次搬运。野外样品采集集中在实测剖面中(图 2),所有样品均为砂岩、杂砂岩。重矿物分析由河北省区域地质矿产调查研究所实验室完成。重矿物分析结果见表 1、表 2。根据研究区内重矿物含量和地质背景,本文按照重矿物含量>1%、1%~0.1%、<0.1%分别划分为主要、次要和微量 3 类。

3.1 旧司阶—德坞阶重矿物组合特征

重矿物组合分为 2 个区(图 2-A),红石山—黑鹰山坳陷重矿物组合为锆石+磷灰石,出现白钛石、角闪石、辉石等。红柳大泉坳陷带重矿物组合为锆石+电气石+金红石+磷灰石,锆石含量为

表 1 巴丹吉林盆地石炭系稳定重矿物的组成和含量

Table 1 Stable heavy mineral composition and content of Carboniferous strata in Bandanjaran basin

剖面	地 层	重 量 百 分 含 量 /%						
		锆石	金红石	磷灰石	石榴子石	电气石	榍石	其它
乌兰敖包 1	阿木山组下段(4)	4.87	0.27	0.35	1~50 粒	0.63		93.76
乌兰敖包 2	阿木山组上段(3)	11.55	0.97	0.8	0~20 粒	8.29		81.7
查古尔	阿木山组下段(4)	11.85	0~5 粒	0.25	1~5 粒	0.55		87.02
尚丹	阿木山组上段(3)	21.26	5~100 粒	0.13	42.67	1.26		34.63
264 界碑	阿木山组中段(5)	4.39	0.02	0~240 粒	3.35	0.22		91.93
阿伦功	阿木山组上段(3)	12.42	5~20 粒	<0.01		0.07		87.43
芒罕超克	阿木山组上段(1)	5.12	4	0.3	59.52	2.63	3.5	24.83
努尔盖	干泉组(1)	0.01		0.1		0.29		99.69
乌登汗	阿木山组(1)	8.86	1.25	6.73	11~20 粒	2.77		80.38
大狐狸山	干泉组(2)	0.67	1~10 粒	1.17	0.1	0.05		98.01
小狐狸山	干泉组(2)	5.38		0.38	5~50 粒	1~10 粒		94.24
野马井	干泉组(5)	6.06	0.54	5.89	0~20 粒	0.91		86.59
小狐狸山	白山组(1)	7.16		1.37	21~50 粒	1~5 粒		91.46
苦水沟	白山组(3)	22.44	0.71	0.8	11~20 粒	0.5		75.55
文革山	白山组(1)	19.9	0.25	0.99		2.88		75.98

注:括号内数字代表样品数量

表 2 巴丹吉林盆地二叠系稳定重矿物的组成和含量

Table 2 Stable heavy mineral composition and content of Permian strata in Bandanjaran basin

剖面	地 层	重 量 百 分 含 量 /%						
		锆石	金红石	磷灰石	石榴子石	电气石	榍石	其它
呼和音乌苏	哈尔苏海组上段(3)	14.65	1~10 粒	1~50 粒	1~5 粒	5~50 粒	0~5 粒	85.15
478km	哈尔苏海组下段(4)	25.11	0.51	2.45	1~100 粒	1.38		70.55
杭乌拉	阿其德组(3)	7.27	0.46	0.84	4.16		0~10 粒	88.68
杭乌拉	埋汗哈达组(3)	11.25	0.45	2.05	6.43	2.14		77.68
古硐井	菊石滩组(2)	7.25	0.31	0.19	5~50 粒	0.37		91.88
卡路山	菊石滩组(2)	31.39	0.41	1.28	0.25	1.2		65.64
煤窑西山	菊石滩组(1)	12	5~10 粒	0.01	11~20 粒			87.98
野马井	菊石滩组(1)	300 粒±		500 粒±				99.99
芦苇井	菊石滩组(3)	6.42	11~20 粒	1.29	0.29	0.003		82.65
芒罕超克	阿其德组(3)	6.28	0~10 粒	0.05	36.24	1.70		55.75
努尔盖	阿其德组(2)	0.59	0.18	<0.02	4.64	11~20 粒		94.57

8.36%~31.71%,出现白钛石、绿帘石、角闪石等。红石山—黑鹰山拗陷未见金红石,电气石含量极低,红柳大泉拗陷锆石、电气石含量比前者高,表明二者物源有差异,暗示马鬃山—拐子湖中间隆起带的

存在。

3.2 小独山阶—紫松阶重矿物组合特征

根据盆地沉积建造特征,该期是盆地发育的鼎盛时期,重矿物组合分为 4 个区(图 2-B),红石山—

黑鹰山坳陷重矿物组合为锆石+磷灰石, 出现重晶石、绿帘石、角闪石等指示源区的矿物, 重矿物含量低。红柳大泉坳陷重矿物组合为锆石+磷灰石+金红石+电气石, 出现白钛石、角闪石、绿帘石等。盆地西部 2 个坳陷重矿物组合有差异, 但同一坳陷与旧司阶—德坞阶重矿物组合相同, 最大区别仅在于含量变化。

锡林浩特坳陷重矿物组合比较复杂, 坳陷不同位置重矿物组合差别较大。芒汗超克—英格特隐伏断裂以南的乌力吉—海力素凹陷阿木山组岩石组合三分明显, 上下段均为碎屑岩, 中段为碳酸盐岩, 下段重矿物组合为锆石+电气石+磷灰石+金红石, 上段为锆石+电气石+磷灰石+金红石+石榴子石, 并有赤铁矿、褐铁矿、白钛矿、角闪石、重晶石、磁铁矿等出现; 芒汗超克—英格特隐伏断裂以北芒罕超克—苏宏图凹陷阿木山组以碎屑岩夹火山岩为主, 中段重矿物组合为锆石+石榴子石+电气石, 上段为锆石+石榴子石+电气石+金红石+榍石+磷灰石, 并且石榴子石含量急剧增加, 出现白钛石、绿帘石、磁铁矿、碳酸盐类、辉石、重晶石等物。珠斯棱凹陷重矿物组合为锆石+金红石+磷灰石+电气石, 出现白钛石、重晶石、角闪石、绿帘石等。锡林浩特坳陷带和珠斯棱凹陷位于盆地东部, 珠斯棱凹陷很少出现石榴子石、榍石, 锡林浩特坳陷带向上石榴子石含量剧增, 反映二者来自不同的源区, 紫松期阿拉善—狼山古陆快速隆升, 以基底地层提供物源为主。

3.3 隆林阶—冷坞阶重矿物组合特征

该段重矿物组合分为 4 个区(图 2-C)。红石山—黑鹰山坳陷带重矿物组合为锆石+磷灰石+石榴子石, 出现白钛石、绿帘石、角闪石等指示源区的矿物。红柳大泉坳陷带重矿物组合北部为锆石+磷灰石+电气石+金红石+石榴子石, 南部为锆石+磷灰石+电气石+金红石, 北部锆石含量高, 出现单斜辉石、磁铁矿、角闪石、绿帘石等指示源区的矿物。盆地西部的红石山—黑鹰山坳陷带和红柳大泉坳陷带重矿物组合差异明显, 与石炭系盆地重矿物组合对比, 均出现较多石榴子石。

锡林浩特坳陷带重矿物组合为锆石+石榴子石+电气石, 出现绿帘石、白钛石、重晶石、磁铁矿等指示源区的矿物。珠斯棱凹陷重矿物组合为锆石+磷灰石+石榴子石+电气石+金红石, 出现重晶石、磁

铁矿等矿物。盆地东部锡林浩特坳陷带和珠斯棱凹陷重矿物组合差异明显, 与石炭系盆地重矿物组合对比, 珠斯棱凹陷出现石榴子石, 锡林浩特坳陷带金红石、磷灰石含量急剧减少。

3.4 吴家坪阶重矿物组合特征

该期盆地范围急剧缩小, 盆地两坳一隆的格局已消失, 海相沉积集中于恩格尔乌苏断裂以北, 重矿物组合仅 1 个区(图 2-D)。哈尔苏海组上下段重矿物组合均为锆石+金红石+磷灰石+电气石, 出现白钛石、磁铁矿、角闪石等指示源区的矿物。

上述盆地各次级单元重矿物组合分析表明, 同一次级单元不同时期和同一时期不同次级单元重矿物组合存在差异, 敦煌—阿拉善—狼山古陆与马鬃山—拐子湖中间隆起带之间的红柳大泉坳陷带、锡林浩特坳陷带重矿物不同, 应来自不同的物源区。

3.5 物源讨论

不同的碎屑重矿物组合往往是不同母岩类型的反映^[12-13]。巴丹吉林盆地内部红石山—黑鹰山坳陷、红柳大泉坳陷、锡林浩特坳陷和马鬃山—拐子湖中间隆起带东部珠斯棱凹陷重矿物组合和含量存在明显的差异, 它们应是来自不同源区或来自多个源区重矿物的综合反映。自下向上盆地同一构造单元重矿物组合有规律地变化, 是源区不断抬升遭受剥蚀、母岩类型发生变化的结果。

3.5.1 旧司阶—德坞阶物源

盆地沉积在西部分布广, 物源区母岩类型特征明显(表 3), 红石山—黑鹰山坳陷重矿物含量较低, 重矿物组合反映物源为酸性岩浆岩。红柳大泉坳陷 2 条剖面重矿物含量较高, 组合一致, 重矿物组合反映物源主要为中酸性岩浆岩, 其次为低级变质岩和基性岩, 文革山剖面电气石含量高, 物源有较多低级变质岩成分。综合地质背景认为, 红石山—黑鹰山坳陷物源来自南侧马鬃山—拐子湖中间隆起带西部加里东期构造岩浆岩带, 红柳大泉坳陷物源来自南侧敦煌古陆下古生界盖层和北侧的马鬃山—拐子湖中间隆起西部加里东期构造岩浆岩带。该期盆地格局为盆地南侧敦煌古陆和盆地内部马鬃山古隆起作为盆地物源区, 敦煌古陆构成主物源区。

3.5.2 小独山阶—紫松阶物源

该期是盆地范围最大的时期, 物源区类型特征

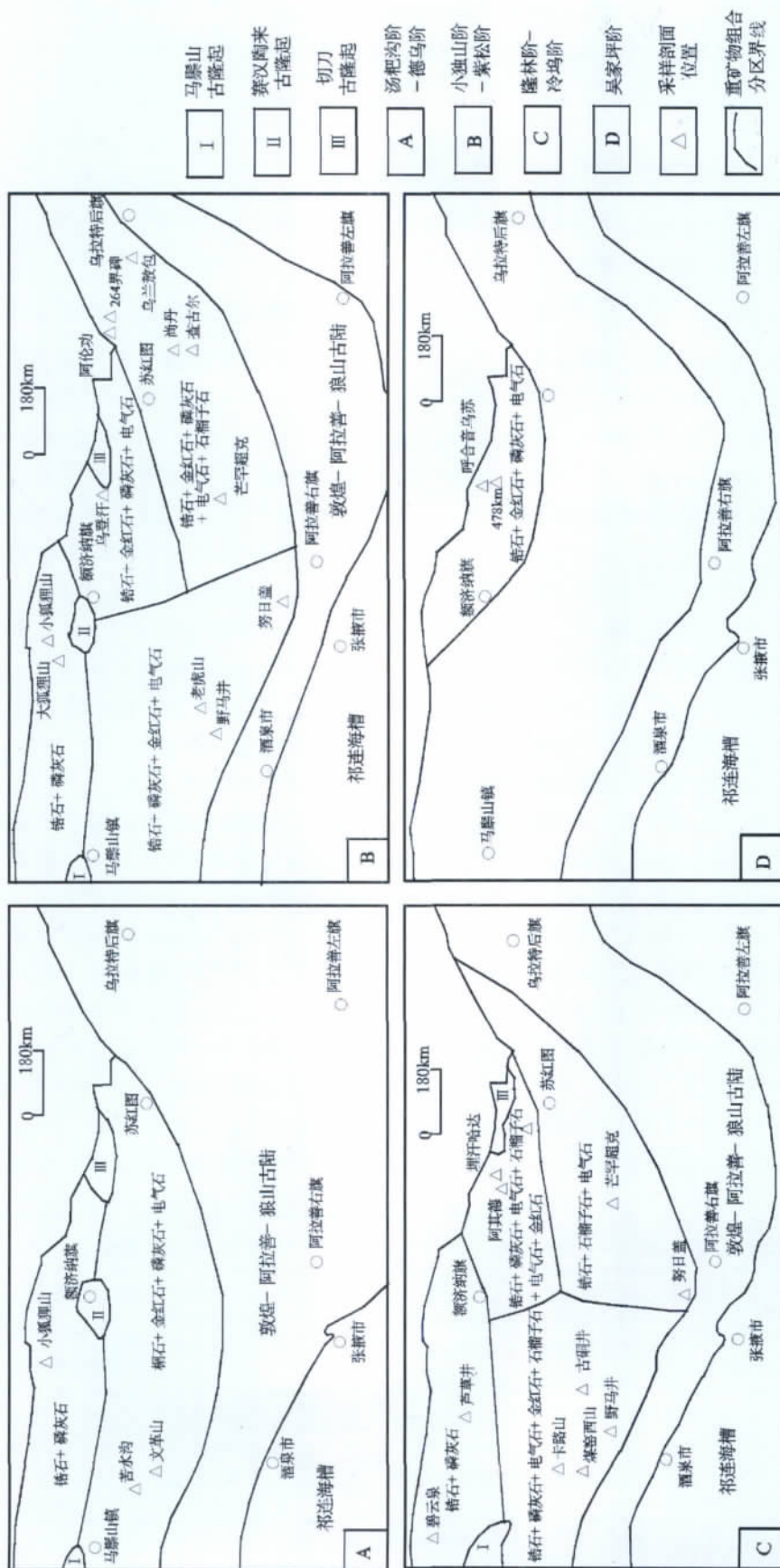


图 2 巴丹吉林盆地石炭系—二叠系重矿物组合

Fig. 2 Heavy mineral combination of Carboniferous-Permian strata in Bandanjaran basin

表 3 旧司阶—德坞阶物源区母岩类型

Table 3 Provenance parent rock type of Jiusi Stage to Dewu Stage

剖面	小狐狸山	苦水沟	文革山
物源母岩类型	中酸性岩浆岩	中酸性岩浆岩+低级变质岩+基性岩	中酸性岩浆岩+低级变质岩+基性岩
恢复原岩标准	母岩类型与主要重矿物组合对应关系 ^[14] 。①中-高级变质岩:石榴子石、绿帘石、角闪石、磁铁矿;②低级变质岩:电气石、白钛石;③基性岩:金红石、辉石;④中-酸性岩浆岩:锆石、磷灰石、角闪石、磁铁矿;⑤沉积岩:重晶石		

明显(表 4),盆地西部红石山—黑鹰山坳陷重矿物含量较低,碎屑重矿物来源于中酸性岩浆岩。红柳大泉坳陷碎屑重矿物主要来源于中酸性岩浆岩,其次为低级变质岩、基性岩。2 个坳陷带物源与旧司阶—德坞阶的物源一致,盆地西部继承了旧司阶—德坞阶盆山构造格局。

盆地东部锡林浩特坳陷带乌力吉—海力素凹陷下段碎屑重矿物主要来源于中酸性岩浆岩,其次为低级变质岩和基性岩,上段东部碎屑重矿物主要来源于中酸性岩浆岩、低级变质岩,其次为基性岩,西部碎屑重矿物主要来源于中高级变质岩、中酸性岩浆岩,其次为低级变质岩。西部中高级变质岩贡献明显增大,重矿物组合可能反映阿拉善—狼山古陆地质背景的差异,这与隆起东部中深变质基底之上中新元古界浅变质盖层相吻合。芒汗超克—英格特凹陷中段碎屑重矿物主要来源于中酸性岩浆岩、中高级变质岩,其次为低级变质岩,上段东部碎屑重矿物主要来源于中酸性岩浆岩,少量来源于低级变质岩,西部碎屑重矿物主要来源于中高级变质岩,其次为中酸性岩浆岩和低级变质岩。综合地质背景分析,锡林浩特坳陷带芒汗超克—英格特凹陷物源主要来源于阿拉善—狼山古陆中酸性岩浆岩、中深变

质结晶基底岩系和中新元古界浅变质岩,向上中深变质基底岩系贡献增大;芒汗超克—英格特凹陷除了与芒汗超克—英格特凹陷来源相同外,还有来自北侧马鬃山—拐子湖中间隆起带东部切刀古隆起的中酸性岩浆岩、早古生代盖层低级变质岩。马鬃山—拐子湖中间隆起东部珠斯棱凹陷碎屑重矿物主要来源于中酸性岩浆岩,其次为低级变质岩、基性岩,结合地质背景分析,物源来源于切刀古隆起前石炭系侵入岩和盖层。该期盆山格局为盆地南侧阿拉善—狼山古陆和盆地中部切刀古隆起快速隆升,构成主物源区。

3.5.3 隆林阶—冷坞阶物源

该期盆地范围相对前期缩小,物源区类型特征明显(表 5),盆地西部红石山—黑鹰山坳陷碎屑重矿物主要来源于中酸性岩浆岩,其次为中—高级变质岩。红柳大泉坳陷碎屑重矿物主要来源于中酸性岩浆岩,其次为低级变质岩、基性岩、中—高级变质岩。这 2 个坳陷带物源与石炭系物源一致,最大区别在于中深变质基底岩系对物源贡献增大,反映了敦煌古陆、马鬃山古隆起继续隆升,盆地范围缩小。

盆地东部锡林浩特坳陷重矿物石榴子石含量

表 4 小独山阶—紫松阶物源区母岩类型

Table 4 Provenance parent rock type of Xiaodushan Stage to Zisong Stage

剖面	小狐狸山	大狐狸山	野马井	努尔盖	乌登汗	阿伦功
物源母岩类型	中酸性岩浆岩 +低级变质岩	中酸性岩浆岩 +中高级变质岩 +低级变质岩	中酸性岩浆岩 +低级变质岩 +基性岩	中酸性岩浆岩 +低级变质岩	中酸性岩浆岩 +低级变质岩 +基性岩+沉积岩	中酸性岩浆岩 +低级变质岩
剖面	264 界碑	芒罕超克	尚丹	查古尔	乌兰敖包 2	乌兰敖包 1
物源母岩类型	中高级变质岩 +中酸性岩浆岩 +低级变质岩	中高级变质岩 +低级变质岩 +中酸性岩浆岩	中高级变质岩 +中酸性岩浆岩 +低级变质岩	中酸性岩浆岩 +低级变质岩	中酸性岩浆岩 +低级变质岩 +基性岩	中酸性岩浆岩 +低级变质岩 +基性岩

注:重矿物源区对比标准同表 3

表 5 隆林阶—冷坞阶物源区母岩类型
Table 5 Provenance parent rock type of Longlin Stage to Lengwu Stage

剖面	芦草井	卡路山	煤窑西山	古铜井
物源母岩类型	中酸性岩浆岩+中高级变质岩	中酸性岩浆岩+低级变质岩+中高级变质岩	中酸性岩浆岩	中酸性岩浆岩+低级变质岩+基性岩
剖面	野马井	芒罕超克	埋汗哈达	杭乌拉
物源母岩类型	中酸性岩浆岩+低级变质岩+基性岩	中高级变质岩+中酸性岩浆岩	中酸性岩浆岩+中高级变质岩+基性岩	中酸性岩浆岩+中高级变质岩+基性岩

注:重矿物源区对比标准同表 3

高,碎屑重矿物来源于中—高级变质岩、中酸性岩浆岩,物源主要来自于阿拉善—狼山古陆基底岩系和晋宁期基性侵入岩,其次来源于切刀古隆起早古生代浅变质岩系。马鬃山—拐子湖中间隆起东部珠斯棱凹陷碎屑重矿物来源于中酸性岩浆岩、中—高级变质岩、浅变质岩,其次为基性岩,来源于切刀古隆起中深变质基底岩系、前石炭纪侵入岩和浅变质盖层。

3.5.4 吴家坪阶物源

该期盆地向北大范围地退缩,碎屑重矿物来源于中酸性岩浆岩、低级变质岩,少量来自基性岩。综合地质背景分析,物源来自恩格尔乌苏断裂以南隆起区华力西期中酸性侵入岩和巴丹吉林盆地西部古生界浅变质岩。

4 盆地盆山格局演化讨论

4.1 旧司期—德坞期

这一时期是盆地发育的第一阶段,沿北部红石山—黑鹰山、南部后红泉—红柳大泉先后裂开,分别形成北部红石山—黑鹰山拗陷和南部红柳大泉拗陷 2 个拗陷带,2 个拗陷带之间为马鬃山—拐子湖中间隆起带,区域上总体呈两堑夹一垒的构造格局(图1)。红石山—黑鹰山拗陷沉积绿条山组和白山组,红柳大泉拗陷和中间隆起带沉积白山组,中间隆起带之上白山组很少见到边缘相沉积,推测马鬃山古隆起主体位于研究区外西侧,在研究区内基本位于水下接受沉积的环境,即南北 2 个拗陷水体是相连的。盆地南缘边界大致上处于后红泉—野马井以南,盆山格局以南部敦煌—阿拉善—狼山古陆和北部巴丹吉林盆地为基本盆山构造格局,盆地中间隆起带断续出露古隆起。南北 2 个拗陷带重矿物含量和组合明显不同,红柳大泉拗陷带重矿物组合复杂且含量高,

反映物源可能比较复杂,有多个物源特征,物源来自敦煌古陆和马鬃山—拐子湖中间隆起西部马鬃山古隆起,以来自敦煌古陆的物源为主。北部红石山—黑鹰山拗陷物源来自马鬃山—拐子湖中间隆起西部马鬃山古隆起。

4.2 小独山期—紫松期

该期是盆地范围最大的时期,除西部盆地格局继续存在外,东部出现锡林浩特拗陷带和珠斯棱凹陷(图1),盆地西部南缘边界大致位于西涧泉—鼎新断裂北侧。重矿物含量及其组合特征分析表明,红石山—黑鹰山拗陷带和红柳大泉拗陷带物源区与早石炭世物源区一致,而在马鬃山—拐子湖中间隆起带西部沉积了晚石炭世筵筵台子组碎屑岩—碳酸盐岩,反映西部盆山格局继续保持,盆地仍为两拗夹一隆的构造格局,最大的不同是中间隆起带中古隆起的范围比前期要小,盆地范围扩大。

盆地东部锡林浩特拗陷带南缘边界大致位于乌兰敖包—雅布赖北—努尔盖一线,拗陷带南部重矿物含量及组合特征反映物源来自南侧阿拉善—狼山古陆,拗陷中西部阿木山组上段出现大量石榴子石重矿物,东部电气石含量较高,物源区东西有差别;拗陷带北部重矿物组合及纵向变化与南部相似,但含量差别较大,物源来自南北两侧的阿拉善—狼山古陆和马鬃山—拐子湖隆起带东部切刀古隆起。阿木山晚期地层碎屑岩中锆石含量剧增,反映阿拉善—狼山古陆快速隆升剥蚀,基底岩系中—深变质岩物源的贡献度增加,沉积建造上阿木山组上段以滨海相—三角洲相砂岩为主,砾岩夹层增多,盆地南缘逐渐向北退缩。

珠斯棱凹陷重矿物含量及组合与南侧锡林浩特拗陷带差别大,二者源区应有较大的不同,物源来自切刀古隆起。

该阶段盆山格局仍以南部敦煌-阿拉善-狼山古陆和北部巴丹吉林盆地为基础盆山构造格局。盆地被马鬃山-拐子湖中间隆起带分为南北 2 个坳陷带,但通过古隆起之间的凹陷,南北 2 个坳陷带水体相通。红柳大泉坳陷带和锡林浩特坳陷带重矿物含量组合不同,存在 2 种可能,一是物源区地质背景有差异,二是属于 2 个坳陷,结合石炭系-二叠系地质背景,笔者认为属于前一种情况。至于区域上被巴丹吉林沙漠覆盖的 2 个坳陷带是否相连,还需要以后进一步证实,为了慎重起见本文暂按 2 个坳陷带对待。

4.3 隆林期-冷坳期

该期盆地范围相对缩小,尤其是在东部锡林浩特坳陷带表现最为明显。西部南北 2 个坳陷重矿物组合及含量差别较大,与小独山阶-紫松阶物源区一致,继承前期盆山格局,马鬃山-拐子湖中间古隆起范围扩大,红柳大泉坳陷带北部物源贡献增大,碎屑中岩浆锆石量增加,物源以中酸性岩浆岩为主。东部锡林浩特坳陷带沉积滨海-海陆过渡相中-粗碎屑岩,碎屑重矿物物源区中深变质岩占主体,表明阿拉善-狼山古陆快速隆升,在二叠纪已经具有一定的地形规模。珠斯棱凹陷重矿物含量及组合与南侧锡林浩特坳陷带差别大,中高级变质岩物源区成分减小,应属于不同盆地体系,物源来自切刀古隆起,从侧面反映了恩格尔乌苏断裂对盆地次级单元的控制作用。该阶段盆山格局依旧为南部敦煌-阿拉善-狼山古陆和北部巴丹吉林盆地。

4.4 吴家坪期

晚二叠世盆地向北大范围退缩,海相盆地恩格尔乌苏断裂以北的雅干地区,盆地已不具有两隆一坳的构造格局,哈尔苏海组主要物源为中酸性岩浆岩,其次为低级变质岩,恩格尔乌苏断裂以南为陆相火山碎屑岩夹碎屑岩沉积,盆山格局表现为敦煌-阿拉善-狼山古陆继续保持,恩格尔乌苏断裂以北浅海相盆地,二者之间为广阔的陆相断陷盆地。

5 结 论

(1)重矿物含量及组合特征表明巴丹吉林盆地南部红柳大泉坳陷带、锡林浩特坳陷带具双物源特征,分别来自敦煌-阿拉善-狼山古陆和马鬃山-拐子湖中间隆起带中出露的古隆起,主要物源还是来

自敦煌-阿拉善-狼山古陆;北部红石山-黑鹰山坳陷带物源来自马鬃山-拐子湖中间隆起西部,珠斯棱凹陷物源来自切刀古隆起。

(2)巴丹吉林盆地相同时代盆地内不同次级单元重矿物组合、含量明显不同,同一次级单元不同时代重矿物组合及含量也有变化,红柳大泉坳陷带、锡林浩特坳陷带从老至新中深变质岩源区贡献增大,碎屑重矿物组成受控于物源区的地质背景。锡林浩特坳陷带出现大量石榴子石,明显与阿拉善-狼山古陆结晶基底有关;而西部锆石、电气石含量较高,明显与南天山洋闭合板块碰撞形成构造岩浆岩带、敦煌古陆早古生代浅变质岩有关。

(3)盆地西部红柳大泉坳陷带、红石山-黑鹰山坳陷带重矿物组合及含量不同,二者物源区有差别,揭示了盆地内部马鬃山-拐子湖中间隆起的存在。珠斯棱凹陷和锡林浩特坳陷带重矿物组合及含量差别大,反映恩格尔乌苏断裂为控制锡林浩特坳陷带北缘断裂。

(4)石炭系-二叠纪盆山格局为南部敦煌-阿拉善-狼山古陆,巴丹吉林盆地为堑垒相间的一隆两坳的盆地格局,南北有 2 个中心,中间被马鬃山-拐子湖中间隆起隔开,南北坳陷带在隆起带低洼处水体是相通的。

(5)红柳大泉坳陷带、锡林浩特坳陷带矿物组合及含量差异明显,前者以岩浆岩和浅变质岩系物源为主,后者以岩浆岩和中深变质岩系为主,反映物源区地质背景差别大,阿尔金断裂东西两侧敦煌微陆块和阿拉善-狼山古陆在华力西期之前是 2 个不同的块体。

(6)石炭系-二叠系界线位于阿木山组中段灰岩中,而阿木山组上段碎屑岩中锆石含量剧增,敦煌-阿拉善-狼山古陆快速隆升,中-深变质基底岩系提供物源量增加。

致谢:成文过程中得到西北大学地质系李文厚教授的指导,西安地调中心姜亨、魏建设等同仁参加了野外工作,在此一并感谢。

参考文献

- [1]方世虎,郭召杰,贾承造,等.准噶尔盆地南缘—新生界沉积物重矿物分析与盆山格局演化[J].地质科学,2006,41(4): 648-662.
- [2]刘宝珊,曾允孚.岩相古地理基础和工作方法[M].北京:地质出版社,1985:210-216.
- [3]赵俊英,罗静兰,雷晓岚,等.鄂尔多斯盆地子长油田杨家园则探区

- 长 6 物源分析[J].中国地质,2007,34(3):422-429.
- [4]刘立,胡春燕.砂岩中主要碎屑成分的物源区意义[J].沉积与特提斯地质,1991,11(6):45-53.
- [5]和钟铎,刘招君,张峰.重矿物分析在盆地中的应用研究进展[J].地质科技情报,2001,20(4):29-32.
- [6]张新建,张剑君.富县探区延长组重矿物组合特征及地质意义[J].新疆石油地质,2006,27(1):49-52.
- [7]窦伟坦,侯明才,董桂玉.鄂尔多斯盆地北部山西组—下石盒子组物源分析[J].天然气工业,2009,29(3):25-28.
- [8]赵俊兴,罗媛,郑荣才.鄂尔多斯盆地耿湾史家湾地区长 6 时期物源状况分析[J].成都理工大学学报(自然科学版),2009,36(4):355-361.
- [9]张元,郭翔,刘宏彦,吴心翠,等.三塘湖盆地马朗地区重矿物特征及物源分析[J].中外能源,2007,12:48-51.
- [10]卢进才,魏仙祥,魏建设,等.内蒙古西部额济纳旗及其邻区石炭系—二叠系油气地质条件初探[J].地质通报,2010,29(2/3):330-340.
- [11]徐学义,何世平,王洪亮,等.中国西北部地质概论[M].北京:科学出版社,2008.
- [12]Morton A C. A new approach to provenance studies—electronmicroprobe analysis of detrital garnets from Middle Jurassic sandstones of the northern North Sea[J]. Sedimentology, 1985, 32: 553-556.
- [13]Pettijohn F J, Potter P E, Siever R. Sand and Sandstone[M]. Berlin: Springer-Verlag, 1987: 553.
- [14]李忠,王道轩,林伟,等.库车坳陷中—新生界碎屑组分对物源类型及其构造属性的指示[J].岩石学报,2004,20(3):655-666.

《地质通报》第 30 卷第 7 期要目预告

湘东北岳阳地区冷家溪群和板溪群凝灰岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄

——对武陵运动的制约 高林志等

青藏高原羌塘盆地南部古近纪逆冲推覆构造系统 吴珍汉等

新疆克拉玛依地区百口泉发现尖晶石橄榄岩 陈 博等

西藏工布江达地区亚贵拉铅锌钼矿床辉钼矿 Re-Os 测年及地质意义 高一鸣等

扬子地台西缘存在 2.5Ga 的结晶基底:来自 SHRIMP 锆石

U-Pb 年龄的新证据 关俊雷等

青海都兰东北部哈莉哈德山花岗片麻岩 LA-ICP-MS 锆石

U-Pb 年龄及构造意义 许娅玲等

西藏那曲南部早白垩世闪长玢岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄 刘 伟等

西藏那曲地区流纹岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄和地球化学特征 彭智敏等

青海门源地区红沟铜矿床含矿基性火山岩 LA-ICP-MS

锆石 U-Pb 年龄 王国强等

北阿尔金红柳沟钾长花岗岩地球化学特征、LA-ICP-MS 锆石

U-Pb 定年和 Hf 同位素组成 康 磊等

甘肃皋兰—白银—靖远地区早白垩世沙漠沉积的特征及其古风带恢复 伍 皓等

大兴安岭南段兴—蒙草原区二叠纪砂岩物源分析 江小燕等

海岸带地区 ^{137}Cs 沉积剖面类型划分及其意义 王 福等

国际地球化学填图样品分析方法和数据对比 姚文生等

关于找矿模型的探讨 施俊法等

青海省东部查明一大型微细浸染型金矿床 张大权等

云南镇康地区芦子园铅锌矿床控矿因素浅析 杨小峰等

长江三角洲表层土壤 Sn 元素的空间分布特征及影响因素 张 明等

陕西宝鸡地区胡家山滑坡风险性评价 孟庆华等