

文章编号: 1000-0550(2010) 03-0426-08

# 贺兰山中南段米钵山组沉积特征及其物源分析<sup>①</sup>

黄喜峰<sup>1</sup> 钱壮志<sup>1</sup> 逯东霞<sup>2</sup> 吴文奎<sup>1</sup> 陆彦俊<sup>3</sup> 白生明<sup>3</sup>

(1. 国土资源部成矿作用及其动力学重点实验室 长安大学地球科学与资源学院 西安 710054

2 陕西省地质矿产局 西安 710054; 3 宁夏地质环境监测总站 银川 750021)

**摘要** 贺兰山中南段米钵山组地层岩性主要为钙质角砾岩、砾岩、互层状的砂岩或含砾砂岩以及页岩、含砾页岩、颗粒灰岩等,是一套区域浅变质、厚度巨大、具不同程度变形和深水陆源浊积岩组合的斜坡沉积,发育有复理石韵律层理及典型的浊积岩鲍马序列。研究表明中奥陶统米钵山组沉积期是贺兰“冷”裂谷活跃的时期,该时期的沉积特征对探讨贺兰山早古生代的构造格局及岩相古地理方面尤为重要。对米钵山组的地球化学分析结果表明,稀土元素 La、Ce、 $\Sigma$ REE、 $\delta$ Eu 等特征值与大陆岛弧和活动大陆边缘构造环境相似。综合该组沉积的矿物特征、构造环境及区域背景,其物源应来源于其南部的祁连造山带及邻区阿拉善地块,具有二元物源供给的近源沉积特征。

**关键词** 贺兰山 米钵山组 地球化学 沉积环境 物源分析

**第一作者简介** 黄喜峰 男 1971 年出生 博士 区域构造与成矿研究 E-mail huangxy@chd.edu.cn

**中图分类号** P512.2 **文献标识码** A

## 0 引言

贺兰山构造带位于我国中西部巨型南北向构造带上,横亘于华北克拉通与阿拉善地块之间,其特殊的大地构造位置和显生宙以来的构造活动,为地质学者所重视<sup>[1,2]</sup>。米钵山组系 1965 年宁夏区测队进行同心幅 1:20 万区域地质调查时创名。原始定义为“下部为灰色灰岩与灰绿色、灰黑色板岩互层,沿走向相变为灰黑色薄层泥质灰岩及板状页岩,厚 161 m,与下伏天景山组灰岩为连续沉积。上部为灰绿色砾岩、含砾板岩夹层状、透镜状的灰岩及板岩,厚 380 m,含笔石化石”<sup>[3]</sup>。本组早年亦称“南山系”,以后区域地质调查时将其扩展到贺兰山等地区使用。《宁夏回族自治区岩石地层》对比研究时认为,分布于贺兰山等地的有关地层,与米钵山地区建立的米钵山组的层位、岩石组合特征基本一致,应统称米钵山组为宜。研究表明贺兰山米钵山组的沉积期是贺兰“冷”裂谷活跃的时期<sup>[4]</sup>,其在探讨贺兰山早古生代的构造格局及岩相古地理方面尤为重要。前人对它的研究主要集中于地球化学<sup>[4,5]</sup>,对其地层成因以及物源方面的研究相对较弱。笔者在对研究区翔实的野外观测并结合室内工作,对沉积环境及其物源提出自己的一些看法。

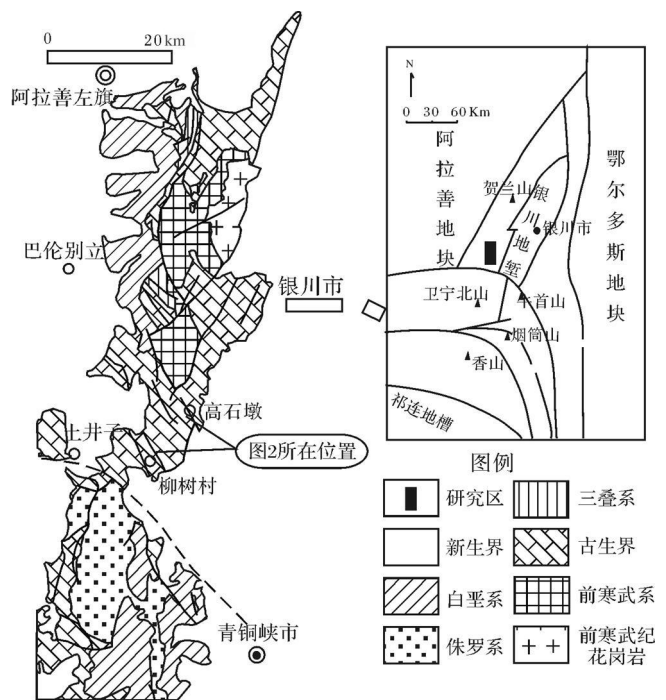


图 1 贺兰山中南段米钵山组分布图

Fig 1 Brief map of Miboshan Formation distributing in middle-south of Helan Mountain

## 1 地质概况

研究区位于华北地台西南缘,主要受南侧的固

①由国家重点基础研究发展规划项目(编号:2003CB214600)及 1:25 银川幅区域地质大调查项目(编号:J48C002003)资助。

收稿日期:2009-05-13 收修改稿日期:2009-06-29

原—青铜峡断裂控制, 米钵山组主要分布于贺兰山柳树村、高石墩、大十字沟一带, 可达阿左旗的樱桃沟、呼吉尔台地区, 直至贺兰山北段塔儿岭一带<sup>[6~9]</sup> (图 1)。在贺兰山的大十字沟—榆树青沟米钵山组剖面第七层曾采获笔石化石组合, 据葛梅钰等 (1990) 的研究, 这一组合应属 *Nanagraptus gracilis* 带中部, 即相当庙坡阶。在该剖面向下, 米钵山组近 400 m 的砂岩、板岩的年代可依呼吉尔台一带该组下部的带笔石证明为牯牛潭期沉积<sup>[10]</sup>, 综上本组时代应为牯牛潭期至庙坡中期。

## 2 米钵山组的地层划分

柳树村一带该组实测剖面为一套碎屑岩夹泥质岩及碳酸盐岩建造, 发育有复理石韵律层理及典型的浊积岩鲍马序列。根据岩石组合特征可划分为四个岩性段 (图 2):

第四段特征 (21~ 10): 岩石组合为中粗粒长石英砂岩、长石岩屑杂砂岩、岩屑杂砂岩、含砂页岩, 呈韵律互层状产出。砂泥比为 3 : 1 或 4 : 1, 见极薄层深灰色细砾岩。

第三段特征 (10~ 7): 该段从上至下灰岩逐渐增多。其岩石组合为中细粒岩屑杂砂岩、岩屑长石杂砂岩、粉砂岩、砂屑灰岩。

第二段特征 (7~ 4): 岩石组合为砾岩、含砾杂砂岩、粉砂岩、页岩。本段上部鲍马序列发育, 可见冲刷—充填构造和印模构造。

第一段特征 (4~ 1): 本段地层为灰—深灰色中—厚层砂屑灰岩、薄层灰泥岩、白云质角砾岩、紫红色砂页岩不等厚互层。沉积构造发育, 灰岩具有滑塌构造、鲍马序列、底蚀面、纱纹层理、粒序层理、包卷层理等。

## 3 米钵山组沉积环境

### 3.1 沉积层序特征

依米钵山组实测剖面并结合柱状图特点, 米钵山

组主要有以下几种基本层序 (图 3):

A、角砾岩层序 (图 3A): 层序厚数米至数十米, 个别逾百米。岩石以巨厚层—块状碳酸盐质细—粗角砾岩为主。砾石含量 30% ~ 80% 不等, 粒级差别大, 少数呈次圆状。成分以白云岩、硅质白云岩为主, 一般无分选, 杂乱排列。岩石有时见发育正粒序层理。砾岩体具底侵蚀面, 多呈透镜体状。该类层序显示了深水碎屑流沉积特征, 有些砾石长轴直立, 表明沉积流体具有较高的粘度。

B、砾岩—板岩夹碳酸盐岩层序 (图 3B): 层序厚 5~ 60 m, 下部为灰—灰绿色块状砾岩, 砾石含量 20% ~ 60% 不等, 砾径以 5~ 10 cm 居多, 砾石呈棱角—次棱角状, 部分长轴与层面斜交, 无分选, 填隙物为泥质。砾岩体具底侵蚀面, 呈规模大小不等的透镜体体积, 砾岩体, 横向可相变为含砾板岩、板岩。上部为灰绿色钙质板岩、板岩、深灰色薄—中层微晶灰岩、微晶砂 (砾) 屑灰岩。层序下部与上部呈渐变过渡关系, 下部砾岩具水下泥石流沉积特征。

C、含砾板岩—板岩夹碳酸盐岩层序 (图 3C): 层序厚 5~ 60 m 不等。下部特征与上述 B 类层序下部砾岩相似, 后者砾石含量大于 30%。上部组成与 B 类层序上部相似。该类层序与 B 类层序呈相变关系, 下部含砾板岩具水下泥石流沉积特征。

D、砂岩—板岩层序 (图 3D): 层序厚 10~ 120 m, 下部为灰绿色中—厚层浅变质中—细粒砂岩; 上部为灰绿色板岩, 夹少量薄层微晶灰岩。该层序在高石墩、大十字沟、柳树村都有发育。

E、块状砾屑灰岩—中厚层灰岩—薄层灰岩向上变薄变细层序 (图 3E): 下部为深灰色块状微晶砾屑灰岩, 砾屑含量 20~ 60%, 砾径以 2~ 5 cm 者居多, 砾屑呈次圆—圆状, 杂乱排列, 成分为深灰—灰色灰岩, 填隙物由砂屑、灰泥和方解石胶结物组成, 具基底式胶结类型。上部由深灰色中厚层微晶灰岩、薄层微晶灰岩和少量砾屑灰岩构成。层序自下而上沉积物

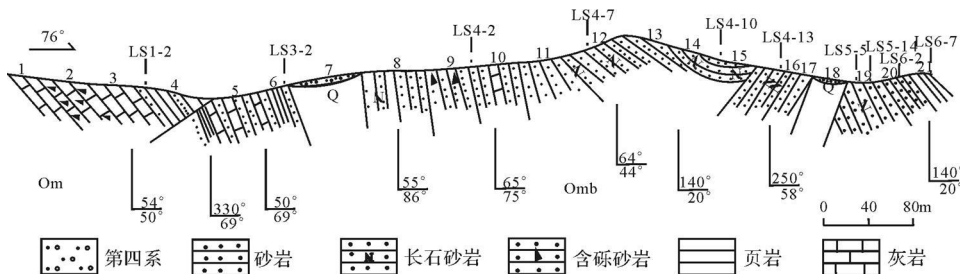


图 2 中奥陶统米钵山组柳树村实测地质剖面

Fig 2 Lishucun cross section of Mi Be Shan Formation in Middle-south of Helan Mountain

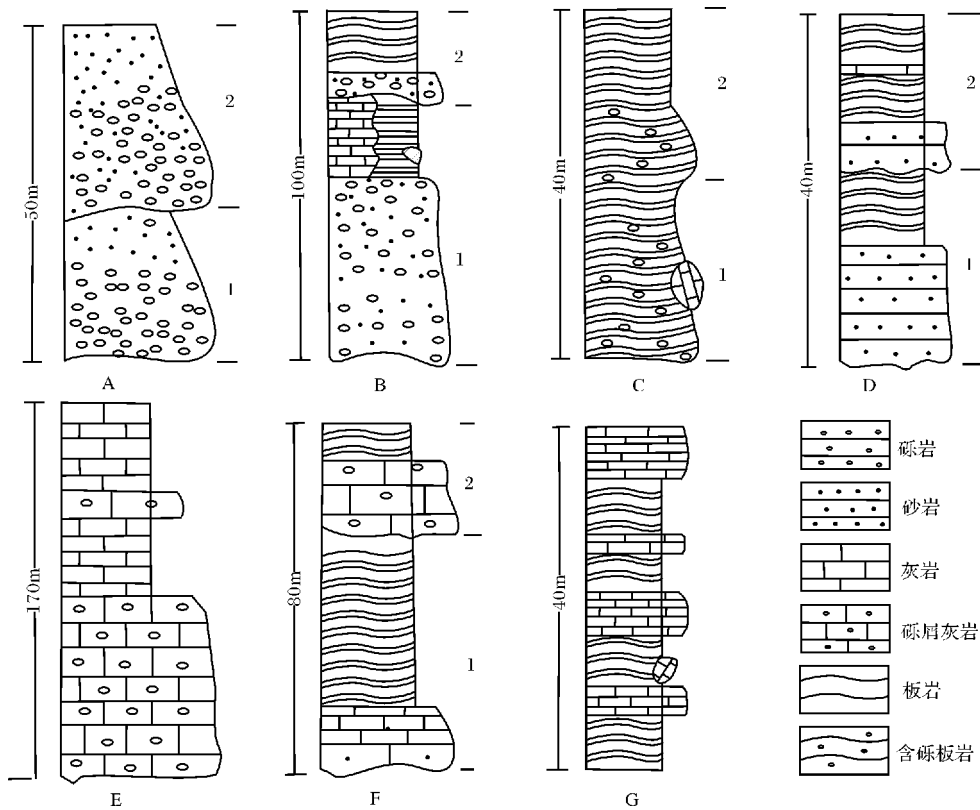


图 3 柳树村—高石墩地区米钵山组基本层序图

Fig 3 Diagram showing the basic strata sequence of Miobosha Formation strata of Liushucun and Gaoshilun in Helan Mountain

粒度由粗变细、成层厚度由厚变薄，下部与上部呈渐变过渡关系，具碎屑流沉积特征。

F、砾屑灰岩—板岩夹碳酸盐岩层序(图 3F): 下部为灰—深灰色块状砾屑灰岩，砾屑含量 30%~60%，砾径 0.2~5 cm，砾屑磨圆、分选均较差。上部为灰绿色板岩、钙质板岩夹中—薄层砂屑灰岩、微晶灰岩等，下部砾屑灰岩属水下碎屑流沉积。

G、板岩与灰岩互层层序(图 3G): 由灰、灰绿色板岩、钙质板岩与灰色薄层微晶灰岩、中—厚层砂屑微晶灰岩不等厚互层组成，板岩偶含灰岩砾石。

### 3.2 沉积环境分析

米钵山组沉积相的研究是基于在区域地质背景研究的基础上，根据岩石组合、沉积构造特征确定的基本类型。前人曾视为平行不整合的底砾岩<sup>[8]</sup>，亦有学者提出“崩塌堆积”或“混杂堆积”，“缝合线上的混杂岩”<sup>[11]</sup>，“一套形成于深水环境的重力流沉积”<sup>[12]</sup>等观点。笔者通过野外的观测和沉积过程分析研究认为，该组属次深海大陆斜坡坡脚地带的海底扇沉积，重力流沉积发育，代表贺兰裂谷强烈沉降区

的深水盆地沉积。可鉴别出碎屑流沉积、泥石流沉积、浊流沉积、下斜坡沉积类型等，其碎屑流沉积主要发育于柳树村、胡记台等地的米钵山组下一中部，砾石呈次圆—次棱角状，砾石杂乱排列(图 4a)，有时发育正粒序(图 4b)，也可见扁平状砾石的最大扁平面大体平行层面定向排列(图 4c)。

浊流沉积主要发育在米钵山组中部，由长石石英砂岩、岩屑石英砂岩和板岩组成，并可见由砂岩形成的粒序层理及不同粒度砂岩构成的韵律性比较强的类复理石建造。用鲍马序列衡量有 a<sub>1</sub>、a<sub>2</sub>、b<sub>1</sub>、b<sub>2</sub>、c<sub>1</sub>、c<sub>2</sub>和 d<sub>1</sub>、d<sub>2</sub> 4 种类型，以前两种类型占优势，后两种类型较少，偶见完整的鲍马序列，其特征如图 5 所示。鲍马序列厚度变化在 0.3~1.5 m 之间，其中砂岩与泥质岩类的比例变化在 5:1~1:2 之间，多数序列中砂岩类厚度比泥岩厚度大，大多从鲍马序列的 a 段开始的，少数浊积岩鲍马序列的 b 段或 c 段开始的，表明浊流沉积时是高流速的<sup>[13]</sup>，且可能接近浊流的物源区。从砂岩的成层厚度大、砂泥比值高(4:1)等可看出，米钵山组浊积岩是近源相的，属近基浊积岩。

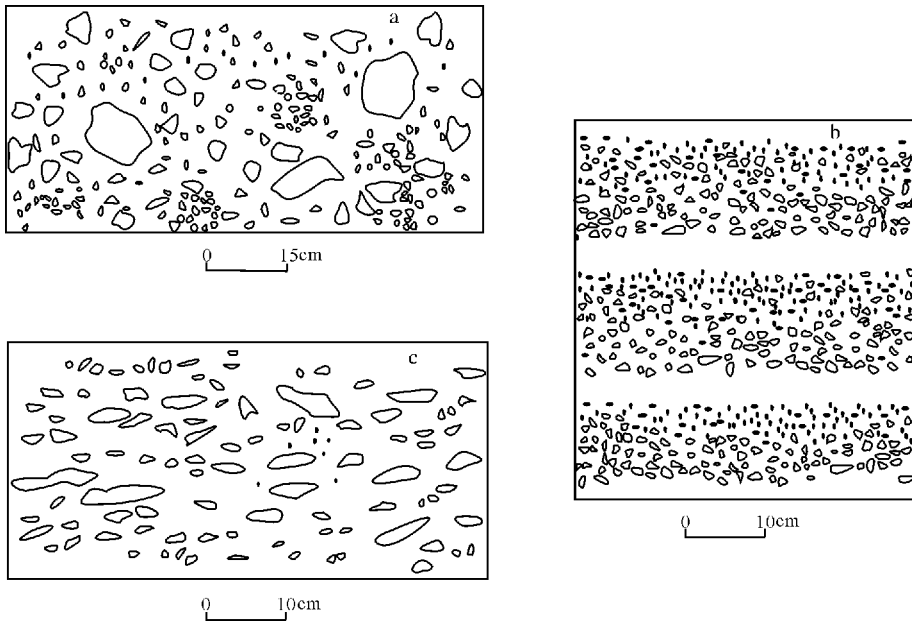


图 4 柳树村米钵山组碎屑流(角)砾岩特征

Fig. 4 Characteristics of clastic breccia of Miboshan Formation

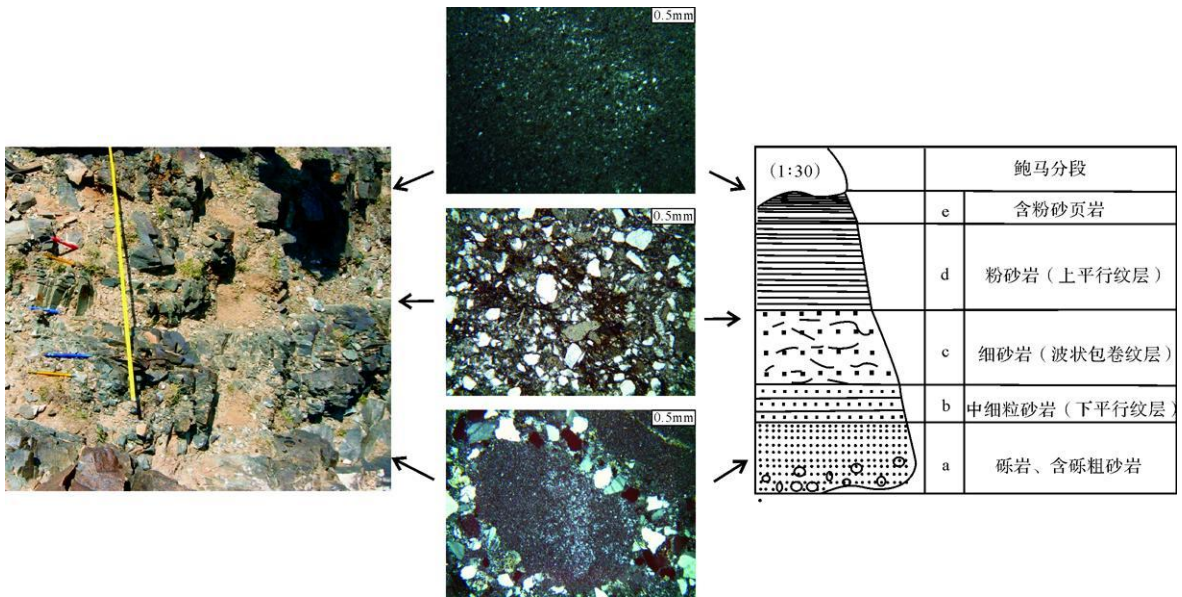


图 5 柳树村米钵山组鲍马序列柱状图

Fig. 5 Columnar section of Bouma sequence in the turbidite of Miboshan Formation

### 4 物源特征

对沉积物源的分析有助于解决源区与沉积区的关系, 以及物源区的大地构造背景、沉积区的沉积体系等问题。

#### 4.1 米钵山组沉积的区域背景

古元古代—中元古代是全球重要的拗拉槽活动

阶段<sup>[14]</sup>, 在全球都发育了许多性质的拗拉槽并控制着以后的构造活动<sup>[15-16]</sup>。这些拗拉槽成为岩石圈板块上一些很难愈合的“伤疤”, 在以后的构造运动触发下往往可以重新开始活动。新元古代早期, 贺兰山地区也经历了有地质记录的第一次拉张活动, 在这次活动中, 贺兰地区沉积了青白口系黄旗组<sup>[17-18]</sup>, 因缺乏相应裂谷早期的双峰式火山岩组合, 因而失去了

拗拉槽存在的条件。此次拉张活动使得贺兰山地区地壳或岩石圈结构变得薄弱,为以后该地区的再次活动奠定了物质基础。北祁连地区在寒武纪就已经出现了洋壳,并发育了北祁连岛弧<sup>[19, 21]</sup>,在北祁连缝合带南侧的中祁连地块上发育有年龄为 540 Ma 岛弧花岗岩<sup>[22]</sup>,说明至少寒武纪洋壳已经开始俯冲。且已有一部分学者<sup>[23, 24]</sup>认为在北祁连岛弧后发育有弧后盆地,该弧后盆地由于受北祁连洋向北东俯冲的影响,在早、中奥陶世已成为弧后盆地,贺兰山地区就位于该弧后盆地靠陆一侧<sup>[25, 26]</sup>。本研究据奥陶系各地层的发育特点,认为位于北祁连弧后盆地靠陆一侧的贺兰山地区,在早、中奥陶世可能由于受弧后扩张作用以及阿拉善地块与中朝板块之间的相对运动的影响而重新开始了拉张、沉降,形成了被动型裂陷盆地—贺兰“冷”裂谷<sup>[4]</sup>(图 6)。

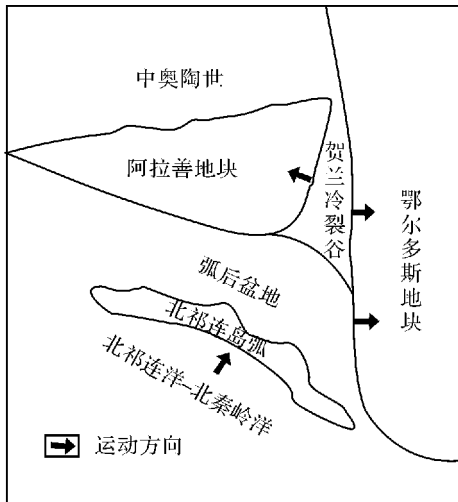


图 6 中奥陶世贺兰山及邻区构造略图

Fig 6 Tectonic framework of Helan Mountain and its adjacent area

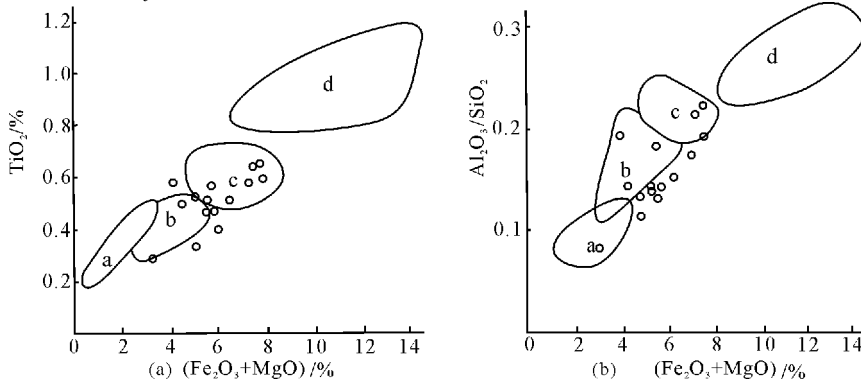


图 7 米钵山组砂岩主量元素构造环境判别图

a 大洋岛弧; b 大陆岛弧; c 活动大陆边缘; d 被动大陆边缘

Fig 7  $TiO_2 - Fe_2O_3 + Mg$  and  $Al_2O_3/SiO_2 - (Fe_2O_3 + MgO)$  diagram showing the tectonic environment of the siliceous rocks

#### 4.2 米钵山组沉积的构造环境及物源

米钵山期(大弯晚期—庙坡期),海侵达到高潮,范围扩大,华北海与祁连海连通,大体在大弯期末—牯牛潭期初直到宝塔期,研究区南北发生了明显的分化,贺兰山南段沉积的米钵山组属大陆斜坡下部的深海—次深海沉积,同时生物地层表明,大弯期末开始牙形石动物种群由华北型转向华南型,反映了海侵方向有了明显的变化,海水由南向北侵入,体现了两个不同地层分区之沉积特点。故在空间上构成南北深而中段浅的强烈拗陷盆地格局。

米钵山组浊积砂岩发育,而浊积砂岩的地球化学特征可以很好的反映沉积盆地的构造背景<sup>[27]</sup>。利用 Bhatia 构造环境判别图解对米钵山组砂岩主量元素进行分析,大多落于大陆岛弧和活动大陆边缘内(图 7)。另外,微量元素与常量元素相比,具有较大的稳定性。因此,陆源碎屑的微量元素地球化学特征更适宜于研究源区类型及其大地构造背景。应用 Bhatia 的图解,在 La—Th—Sc 图解中样品大部分落在大陆岛弧区域,在 Th—Co—Zr 图解中样品落在大陆岛弧及活动大陆边缘结合部(图 8),说明该区米钵山组砂岩的物源区具有活动大陆边缘或大陆岛弧构造属性<sup>[4]</sup>。

在显微镜下观察,区内石英碎屑主要由单晶石英和多晶石英组成,以单晶石英为主。石英碎屑多呈棱角—圆状,分选性差,部分光洁度不高。在其中可见次生加大边现象,应为再旋回石英颗粒。有些单晶石英残留因构造作用而发生的波状消光现象,有些石英颗粒边部残留有钾长石残晶,应属于花岗岩岩屑残留。长石碎屑主要以钾长石为主,发育格子双晶、聚片双晶,部分蚀变。内部可见锆石、电气石等矿物包

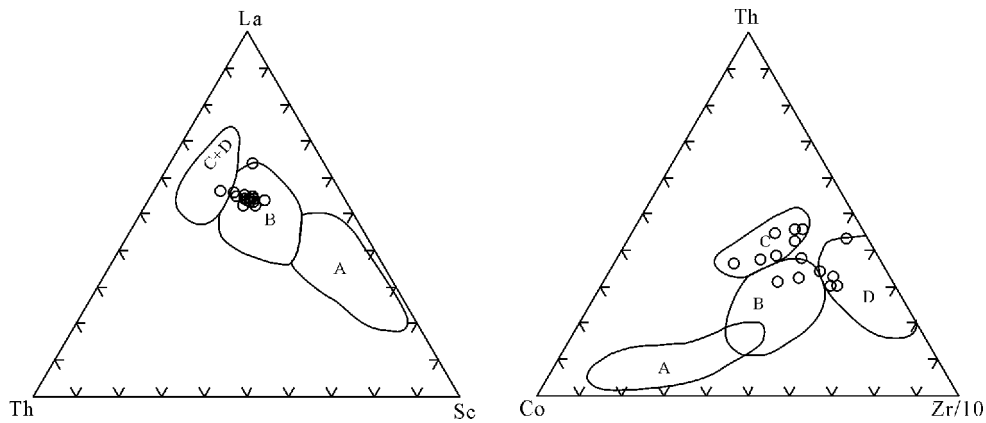


图 8 判别构造环境 La—Th—Sc 与 Th—Co—Zr 关系图

A. 大洋岛弧; B 大陆岛弧; C. 活动大陆边缘; D. 被动大陆边缘

Fig 8 La—Th—Sc and Th—Co—Zr/10 diagram showing the tectonic environment of the siliceous rocks

A. OIA; B. CIA; C. ACM; D. PM

裹体, 有些与石英构成显微文象结构, 表明其来源为中酸性侵入岩。

米钵山组的重矿物组合较稳定, 主要包括黑云母、磷灰石、电气石、榍石及锆石等, 其中锆石、磷灰石、黝帘石较常见。锆石及磷灰石常保留为柱状—针柱状自形晶, 黝帘石自形程度较高, 且粒度较粗。该重矿物组合及特征反映源区母岩类型应包括花岗岩类及一些变质岩类, 而且砂岩成熟度较低。

高振中等研究认为, 米钵山组主体属于一个向北东方向发展的大型海底扇, 厚度从南西向北东逐渐减小, 据地层砂岩成分以及古流向分析, 绝大多数砂岩来自于西南方向的基底物源区, 一部分来自再旋回造山带<sup>[28]</sup>。经典造山带的前陆盆地中的磨拉石堆积形成于造山过程中陆—陆板块碰撞的晚期演化阶段, 由于贺兰裂谷产生于活动大陆边缘构造背景, 盆地一侧紧邻同期造山带, 而盆地主体则发育于大陆块体之上, 因此碎屑成分具有造山带和大陆双向来源的二元的物源供给特点。不同构造环境判别图上所获结果的高度一致, 与野外观测的构造变形以及宏观盆地分析、矿物特征等方面所获得的前陆盆地的认识相同。揭示米钵山组碎屑主要来自造山带一侧, 并受到大陆一侧(阿拉善地块)碎屑补给影响, 裂谷充填物质来自两个地质演化历史不同的大陆块体, 碎屑来源具有二元物源供给特点。

综上所述, 米钵山组沉积环境属大陆斜坡坡脚带的海底扇沉积, 沉积微相组合具有大陆边缘的微相组合特征。该组沉积地球化学证据表明, 其沉积界面以还原性为主, 局部还原环境较强, 沉积速率快, 具大

陆斜坡重力流快速堆积特征。该组的物源具有活动陆缘及岛弧性质, 综合考虑该组所处的区域构造背景及矿物组合等, 物源可能来自于南部的北祁连地区及阿拉善地块, 具二元物源特征。

### 参考文献 (References)

- 1 霍福臣. 宁夏地质概论 [M]. 北京: 科学出版社, 1989 [Huo Fuchen. Ningxia Geological Overview [M]. Beijing Science Press, 1989]
- 2 宁夏地质矿产局. 宁夏区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1990 [Bureau of Geology and Mineral Exploration of Ningxia Autonomous Region. Regional Geology of Ningxia [M]. Beijing Geological Publishing House, 1990]
- 3 宁夏回族自治区地质矿产局. 1: 200000同心幅区域地质图说明书 [R]. 1978 [Bureau of Geology and Mineral Exploration of Ningxia Autonomous Region. The Instruction of 1: 200000 Tongxin Geology map [R]. 1978]
- 4 黄喜峰, 钱壮志, 遯东霞, 等. 贺兰山中南段奥陶系米钵山组的沉积环境与构造背景分析 [J]. 地球学报, 2009, 30(1): 65-71 [Huang Xifeng, Qian Zhuangzhi, Lu Dongxia, et al. Depositional setting and tectonic background analysis of Ordovician Miboshan Formation in central-southern Helan Mountain [J]. Acta Geoscientia Sinica, 2009, 30(1): 65-71]
- 5 李天斌. 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 [Li Tianbin. Geochemical characteristics of the Ordovician stratigraphy in Tianjingshan-Miboshan, Ningxia [J]. Journal of Stratigraphy, 1999, 23(1): 16-25]
- 6 宁夏回族自治区地质矿产局. 1: 50000古拉本幅区域地质图说明书 [R]. 1992 [Bureau of Geology and Mineral Exploration of Ningxia Autonomous Region. The Instruction 1: 50000 of Gulabeng Geology Map [R]. 1992]
- 7 宁夏回族自治区地质矿产局. 1: 50000呼鲁斯台幅区域地质图说明书 [R]. 1992 [Bureau of Geology and Mineral Exploration of Ningxia Autonomous Region. The Instruction 1: 50000 of Hulusitai Geology Map [R]. 1992]

- Autonomous Region The Manual of 1: 50000 Hulusitai Geology Map [R]. 1992]
- 8 宁夏回族自治区地质矿产局. 1: 50000元山子幅区域地质图说明书[R]. 1992[Bureau of Geology and Mineral Exploration of Ningxia Autonomous Region. The Instruction of 1: 50000 Yuan shan zi Geology Map[R]. 1992]
  - 9 宁夏回族自治区地质矿产局. 1: 50000土井子幅、马夫峡子幅、前古城子幅区域地质图说明书[R]. 1993[Bureau of Geology and Mineral Exploration of Ningxia Autonomous Region. The Instruction of 1: 50000 Tu jing zi Ma fu xia zi Qian gu cheng zi Geology Map[R]. 1993]
  - 10 宁夏回族自治区地质矿产局. 1: 200000阿拉善左旗幅区域地质图说明书[R]. 1983[Bureau of Geology and Mineral Exploration of Ningxia Autonomous Region. The Instruction of A Left Banner 1: 200000 Geology Map[R]. 1983]
  - 11 张抗. 论贺兰山裂堑[C]//鄂尔多斯盆地西缘地区石油地质论文集. 呼和浩特: 内蒙人民出版社, 1983. 29-40[Zhang Kang. Discussion on Hekun mountain rifting graben[C]//The Papers of Petroleum Geology on West Margin of Ordos Basin. Hohhot: Inner Mongolia People's Publishing House, 1983. 29-40]
  - 12 林畅松, 杨起, 等著. 贺兰坳拉槽盆地充填演化分析[M]. 北京: 地质出版社, 1995. 1-143[Lin Changsong, Yang Qi, et al. The Analysis on Filling Evolution of Hekun Aulacogen Basin[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1995. 1-143]
  - 13 Walker R G, ed. Facies models[J]. Geoscience Canada. Reprint Series 1, 1979
  - 14 Sengor A M C. Sedimentation and tectonics of fossil rifts[M]//Cathy J Busby, Raymond V, ed. Tectonics of Sedimentary Basin. London: Blackwell Science, 1995. 53-148
  - 15 Pandey O P, Agrawal P K. Lithospheric mantle deformation beneath the Indian craton[J]. The Journal of Geology, 1999, 107: 683-692
  - 16 Timothy Pauken, Stephen Marshak. Cratonic weak zone in the U. S. Continental interior: The Dakota-Carolina corridor[J]. Geology, 1994, 22: 15-18
  - 17 汤锡元, 郭忠铭, 陈荷立. 陕甘宁盆地西缘逆冲推覆构造及油气勘探[M]. 西安: 西北大学出版社, 1992. 1-156[Tang Xiyuan, Guo Zhongming, Chen Heli. The Thrust-nappe Structure and Petroleum Exploration on the West Margin of Shangannan Basin[M]. Xi'an: Northwest University Press, 1992. 1-156]
  - 18 Tian Zaiyi, Zhang Qingchun. Petroiferous Sedimentary Basins in China and Basin Analysis[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997. 70-76
  - 19 夏林圻, 夏祖春, 徐学义. 北祁连山构造-火山岩浆演化动力学[J]. 西北地质科学, 1995, 16(1): 1-28[Xia Linqi, Xia Zuchun, Xu Xueyi. Dynamics of tectono-volcano-magmatic evolution from North Qilian Mountains, China[J]. Northwest Geoscience, 1995, 16(1): 1-28]
  - 20 汤中立. 华北板块西南边缘大型、超大型矿床的地质构造背景[J]. 地质学报, 2002, 76(3): 432[Tang Zhongli. The geotectonic setting of the large and super large mineral deposits in the southwest margin of North China plate[J]. Acta Geologica Sinica, 2002, 76(3): 432]
  - 21 许志琴, 徐惠芬, 张建新等. 北祁连走廊南山加里东俯冲杂岩体及动力学[J]. 地质学报, 1994, (1): 1-14[Xu Zhiqin, Xu Hui fen, Zhang Jianxin, et al. The Caledonian subductive complex in southern Zoulang mountains of the northern Qilian mountains and its dynamics[J]. Acta Geologica Sinica, 1994, 68(1): 1-14]
  - 22 Bian Qiantao, Gao Shanlin, Li Dihui, et al. A study of the Kunlun-Qilian-Qinling suture system[J]. Acta Geologica Sinica, 2001, 75(4): 364-374
  - 23 高山林. 鄂尔多斯盆地西缘中生代构造地层分析及盆地演化研究[D]. 北京: 中国科学院地质与地球物理研究所, 2001. 1-134[Gao Shanlin. The Study of Tectono-Stratigraphic Analysis and Basin Evolution on West Margin of Ordos Basin in Mesozoic[D]. Beijing: Institute of Geology and Geophysics, CAS, 2001. 1-134]
  - 24 Alan D Smith, Da-Jen Wen, Li-Yuen Huang, et al. Constraints from gneisses in the Qilian fold belt for the position of the North China Block in the Proterozoic[J]. Journal of the Geological Society of China, 2000a, 43(1): 81-93
  - 25 张进. 陕甘宁地区古生代以来的构造及演化特征研究[D]. 北京: 中国地震局地质研究所, 2002. 1-116[Zhang Jin. A Study on the Structures and Evolution of the Junction Area of Shanxi Gansu Province and Ningxia Autonomous Region Since Paleozoic Time[D]. Beijing: Institute of Geology, China Earthquake Administration, 2002. 1-116]
  - 26 Alan D Smith, Fong-Rong Lin, Chuan-Hsiung Chung, et al. Isotopic evidence from metasediments in the Qilian fold belt for a North China-Antarctica connection in the Early Paleozoic[J]. Journal of the Geological Society of China, 2000b, 40(3): 481-497
  - 27 Bhatia M R. Plate tectonics and geochemical composition of sandstone[J]. Journal of Geology, 1983, (91): 611-627
  - 28 高振中, 罗顺社, 何幼斌, 等. 鄂尔多斯地区西缘中奥陶世等深流沉积[J]. 沉积学报, 1995, 13(4): 16-26[Gao Zhenzhong, Luo Shunshu, He Youbin, et al. The Middle Ordovician contourite on the west margin of Ordos[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1995, 13(4): 16-26]

# Depositional Characteristics and Provenance Analysis of the Miboshan Formation, Helan Mountain

HUANG Xi-feng<sup>1</sup> QIAN Zhuang-zhi<sup>1</sup> LU Dong-xia<sup>2</sup> WU Wen-ku<sup>1</sup>  
 LU Yan-jun<sup>2</sup> BA I Sheng-ming<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Mineralization and Geodynamics, the Ministry of Land and Resources, Faculty of Earth Science and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054

2. Shaanxi Bureau of Geology and Mineral Resources Prospecting, Xi'an 710054

3. Ningxia Huizhu Nationality Autonomous Region Geological Environment Monitoring General Station, Yinchuan 750021)

**Abstract** Miboshan Formation in the southern Helan Mountain mainly consisted calcareous breccia conglomerate, interbedded sandstone or pebbled sandstone, and shale, pebbled shale and grain limestone, and it is very thick Slope facies that is regionally low-grade metamorphic terrigenous turbidite in deep water, which has experienced different degree deformation and the flysch rhythmic layering and typical Bouma sequence are well developed. Our results shows that the deposition duration of the Middle Ordovician Miboshan Formation is corresponding to the active stage of Helan cold rift, which is particularly important to understand the early Paleozoic tectonic framework and lithofacies paleogeography of Helan Mountain. Our geochemical analysis found that eigenvalue of  $L_{a-Ce}$ ,  $\Sigma REE$  and  $\delta Eu$  are similar to that of continental island-arc and active continental margin setting. With further information from the tectonic environment and local background, it is concluded that the source of Miboshan Formation is from its southern region of Qilian orogenic belt and its adjacent area of Ailashan massif, which is a near source sedimentation that is binary provenance.

**Key words** Helan Mountain; Miboshan Formation; geochemistry; sedimentary environment; provenance analysis