

# 造山带岩相古地理研究与实践<sup>①</sup>

## ——以甘肃省奥陶纪为例

牟传龙<sup>1,2</sup> 王启宇<sup>1,2,3</sup> 王秀平<sup>1,2</sup> 陈小炜<sup>1,2</sup> 周恩恩<sup>1,2</sup> 葛祥英<sup>1,2</sup>

(1.成都地质调查中心 成都 610082;2.国土资源部沉积盆地与油气资源重点实验室 成都 610082;  
3.山东科技大学 山东青岛 266590)

**摘要** 造山带古地理的恢复与重建难度较大且尚无研究方法体系可循。选择地处复杂中央造山带的甘肃省奥陶纪为例,结合前人研究资料首次编制了早、中晚奥陶世的沉积构造格架及沉积盆地类型图,分析了它们之间的空间配置关系。在“构造控盆、盆控相”的思路控制下,以沉积岩性、结构—构造、古生物组合等为基础,以优势相原则,共划分出滨浅海相、浅海陆棚相、开阔台地相、台地边缘浅滩相、潮坪相以及半深海(含斜坡相)—深海相等7类沉积相类型,采用“在同一板块、构造背景下形成的沉积盆地内及空间连续配置的沉积盆地之间采用瓦尔特相律对古地理进行合理的恢复;对不同的板块及构造背景下形成的沉积盆地或者是空间不连续配置的沉积盆地之间,古地理单元的恢复则按现今出露地层所反应出的沉积环境忠实地表现,古地理单元之间可以不遵循瓦尔特相律”的方法恢复与重建了研究区的古地理面貌,编制了相应的古地理图。为造山带岩相古地理的研究提供了一种编图思路,具理论和实践意义。

**关键词** 造山带 甘肃省 奥陶纪 构造 瓦尔特相律 沉积相 岩相古地理

**第一作者简介** 牟传龙 男 1965年出生 研究员 沉积地质与油气地质 E-mail: cdmchuanlong@163.com

**中图分类号** P586 P531 **文献标识码** A

## 0 引言

地处非板内<sup>[1]</sup>且具多期、多阶段裂解、拼合的构造演化特征的造山带,后期经过多期次的构造改造、变质以及大量“外来峰”、推覆体的影响,其古地理特征的研究在思路和方法上与传统的基于稳定的大陆克拉通及边缘地区的古地理恢复与重建有很大的差异。针对造山带内可能大多出露“非史密斯型”地层的古地理特征的研究与编图,Ogniben等<sup>[2]</sup>最先提出了造山带地区的地层学工作不按岩相古地理复原的思路,但未探讨古地理恢复与重建的方法原则;吴时国等<sup>[3]</sup>则强调古地磁学在造山带古地理研究中的关键作用,初步提及了板块构造与古地理重建的重要性,但依然偏重于传统古地理恢复的方法;李祥辉等<sup>[4]</sup>对龙门山中北段的泥盆系古地理在相应地层探索性的复位与复原的方法基础上进行了初步的尝试,同样是传统古地理研究的思路;徐强等<sup>[5]</sup>则将造山带的沉积学研究放置于全球的框架中,恢复在全球古地理控制下的构造古地理演化;蔡雄飞等<sup>[6]</sup>对造山

带古地理的恢复则主要采用“反序”的方法,并认为造山带古地理不能在现代的地理底图上仅根据现有地层产出状态重造。吴根耀<sup>[7-8]</sup>则在重视构造复位的基础上以“反序—反转构造”的方法对造山带古地理学进行了阐述。于此,对于古地理重建中最难处理的造山带古地理研究虽然不同的学者有着不同的研究方法,但是从整体的研究成果来看,大都追求以符合瓦尔特相律的思路进行研究与探讨且依然处于探索阶段。虽有少数偏重于大地构造相方面的报告及图集出版<sup>[9]</sup>,其余则大都处于文字描述讨论为主阶段而没有形成“有型的”可以作为参考的图件。且对“构造—沉积盆地—沉积相”三者之间具有怎样的主次关系以及原型沉积盆地与沉积相之间的正确配套研究甚少。

甘肃省地处西伯利亚板块、华北板块、塔里木板块和扬子板块的交界地带,其现今地质特征主要基于古亚洲洋、北祁连早古生代洋盆及其俯冲消亡形成的增生楔、岛弧、弧后洋盆、弧后盆地等组成的完整的沟弧盆体系基础之上,由弧—陆、陆—陆碰撞演化发展

形成了中国著名的“中央造山带”,地质条件复杂,古地理研究难度较大<sup>[10-12]</sup>。甘肃省奥陶纪处于构造体制转换的关键时期,选择其作为造山带古地理研究与实践的对象具不可替代的作用。

## 1 构造演化、沉积盆地类型及地层

甘肃省主体位于秦祁昆多岛弧盆系构造区的中—北祁连和走廊地区,其北部位于古亚洲洋多岛弧盆系构造区的北山地区,南部位于西秦岭地区,东部则处于稳定的华北地台的西缘。区内具前寒武纪下元古界变质结晶基底,整体上构造演化主要经历了震旦纪晚期—早奥陶世北祁连洋盆、古亚洲洋盆及西昆仑洋盆发展扩张,中奥陶世—志留纪各洋盆俯冲消亡至造山的复杂过程;而奥陶纪则处于这一构造体制转换的关键时期,总体特征为中—北祁连山区活动强烈,北山地区次之,西秦岭区晚期与北山地区相似,而陇东地区相当平静<sup>[13]</sup>。

### 1.1 沉积盆地类型及空间配置关系

早奥陶世早中期,北祁连及走廊地区继承了寒武纪以来北祁连狭长洋盆扩张演化的历史,扩张发展至鼎盛<sup>[11,14]</sup>,以玉石沟—野牛沟—清水沟蛇绿岩结合带代表洋盆发展消亡的最终痕迹<sup>[12,15-17]</sup>。该带北侧为华北板块西缘的走廊被动大陆边缘盆地,从北祁连东部老虎山早奥陶世硅质岩及西部玉石沟一带早奥陶世硅质岩的形成环境分析可以得到佐证<sup>[18-19]</sup>,其上发育自寒武纪以来的海相碎屑岩—碳酸盐岩组合。此时北祁连洋盆—走廊被动大陆边缘盆地—华北克拉通盆地三者之间属于同一构造背景下形成的沉积盆地类型,盆地之间是连续的空间配置关系。现今纬度上位于走廊被动大陆边缘盆地北侧的阿拉善地块,从现在的研究情况来看,其性质不明,争议较大,但可以确定的是与走廊被动大陆边缘盆地之间的空间配置不连续(图1)。

敦煌—北山地区沉积盆地类型的发育主要受控于古亚洲洋盆的扩张影响,发育与北祁连地区相似的空间连续配置的沉积盆地类型;南侧主要为敦煌地块,向北依次发育敦煌被动大陆边缘盆地及古亚洲洋盆,明水古陆漂于古亚洲洋盆之中<sup>[20-22]</sup>(图1)。

夹持于北祁连洋与党河南山—拉脊山洋之间的中祁连地块,早奥陶世发育裂谷沉积盆地<sup>[9,11,14]</sup>,它与两侧的洋盆空间配置关系不连续。西秦岭弧后盆地<sup>[9,14,23]</sup>同样具有此特点。需要指出的是,巴颜喀拉—南秦岭被动大陆边缘盆地<sup>[14,23]</sup>其隶属板块性质

不明且存在争议,与其北侧的东昆仑—南秦岭大洋盆地之间做空间不连续配置处理(图1)。

早奥陶世晚期开始,北祁连弧后洋盆开始向北俯冲,洋壳俯冲变质产物蓝片岩的变质年龄为480~425 Ma<sup>[12]</sup>。在走廊南山一带即玉石沟—野牛沟—清水沟结合带以北与肃南—天祝一线以南之间,广泛发育岛弧型火山岩—碎屑岩建造组合,至晚奥陶世,火山—岩浆弧带不断向北扩大和迁移。同时在走廊南山岛弧带弧后形成离散型活动大陆边缘,可能发育弧后盆地的次级洋盆<sup>[18]</sup>,肃南—天祝蛇绿混杂岩带则为这一弧后扩张洋盆消减作用的产物,枕状玄武岩年龄及放射虫性质显示为中晚奥陶世<sup>[15,24-25]</sup>。广大走廊地区发育为弧后盆地,并在晚奥陶世晚期古浪运动及弧后次级洋盆俯冲—碰撞造山<sup>[15]</sup>的过程中逐渐演化为弧后前陆盆地。总之,奥陶纪时,该地区为北祁连弧盆系发育的鼎盛时期,地块和岛弧与洋盆的沉积间列是其最大特点;同时,整个演化是伴随着两次大规模的火山活动(代表初始洋盆的初次俯冲消亡和次级弧后洋盆的俯冲消亡)及两个碳酸盐岩(准)台地化的过程(图2、表1)。从沉积盆地空间配置来看,从南至北发育北祁连消减洋盆→走廊南山岛弧盆地→走廊弧后盆地→华北克拉通盆地,为一系列空间连续配置的沉积盆地(图2)。

敦煌—北山地区中晚奥陶世沉积盆地类型的发育受古亚洲洋盆的俯冲影响,在北山广大地区主要为弧后盆地<sup>[20-22]</sup>沉积区,以南依然为敦煌地块(图2)。从沉积盆地的空间配置关系来看,弧后盆地与俯冲洋盆两者之间缺失陆缘弧盆地的发育而不连续。

此时的中祁连地块由于北祁连洋盆向南俯冲演化为陆缘弧盆地<sup>[9,14,23]</sup>,结合岩性及沉积演化序列来看应主要受北祁连洋盆的影响,而与党河南山—拉脊山洋盆的联系甚微,前两者在空间上应属于连续配置关系。西秦岭地区在中晚奥陶世依然发育弧后盆地,虽然有证据表明其发育受东昆仑洋及秦岭洋盆的俯冲影响,但在现今纬度上其与两侧的洋盆之间空间配置关系为不连续<sup>[9,14,23]</sup>。

### 1.2 地层划分对比

甘肃省内奥陶纪地层出露齐全,但较为零星且差异较大,不同构造单元、同一构造单元内的不同盆地(地区)出露差异较大,一定程度上反应了造山带构造的复杂性。总体上,整个研究区可以划分为五个大的地层区(表1):北山地区区,华北地区区,祁连地区区,西秦岭地区区以及特提斯地区区,但主要出露于

北山、华北及祁连地层区。北山地区代表地层为中下奥陶统砂井群(也叫罗雅楚山群),下岩组为一套灰绿色、黄褐色中细粒长石石英砂岩,夹有碳质、砂质页岩,千枚岩及含砾长石石英砂岩等;上岩组为一套

含碳硅质岩、硅质板岩夹含砂质灰岩。晚奥陶统早期地层为一套锡林柯博组的硅质岩夹砂岩、灰岩;晚期地层为白云山组的灰岩与砂质砾岩、粉砂岩的不等厚互层,顶部见较厚的大理岩。

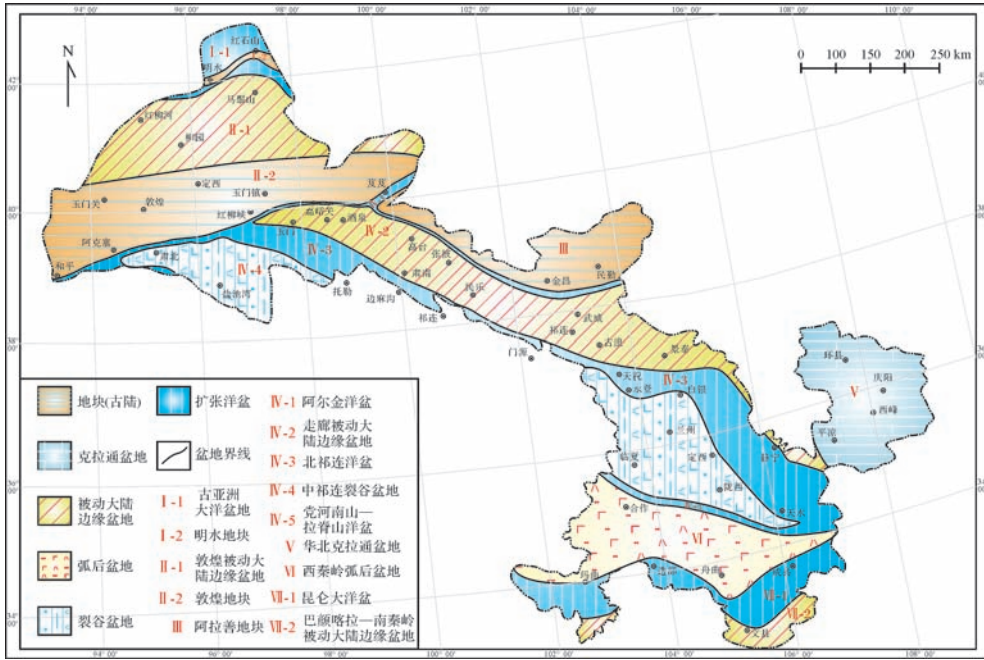


图 1 甘肃省早奥陶世构造格架、沉积盆地类型及空间配置关系图(据潘桂棠等,2006;2013) [14,23]

Fig.1 The relationship-map of structure, type of deposit-basin and spatial configuration of Early-Ordovician in Gansu Province(After Pan, *et al.*, 2006; 2013) [14,23]

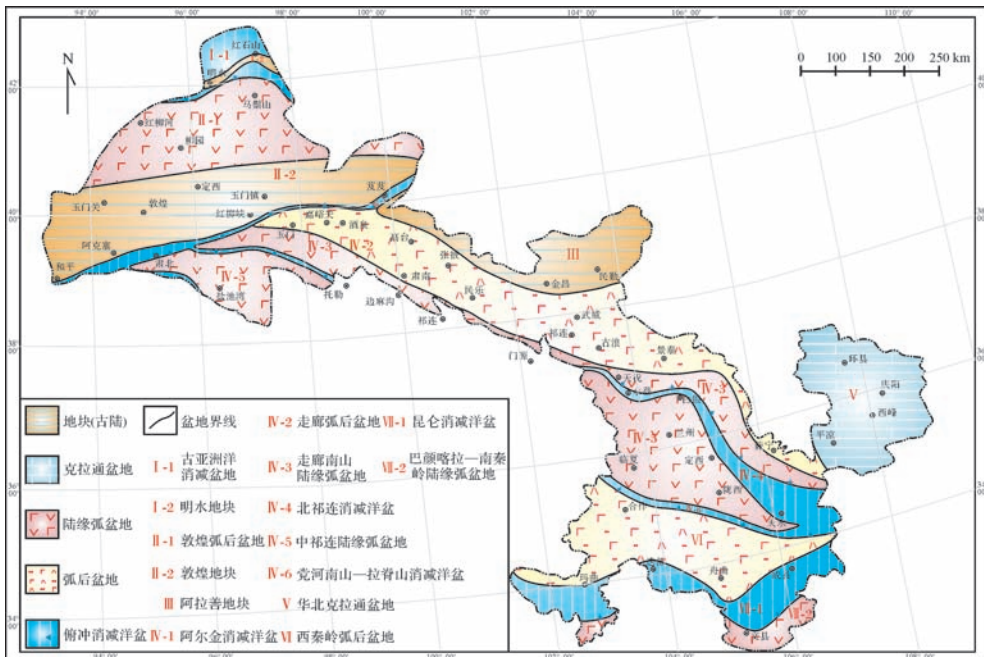


图 2 甘肃省中晚奥陶世构造格架、沉积盆地类型及空间配置关系图(据潘桂棠等,2006;2013) [14,23]

Fig.2 The relationship-map of structure, type of deposit-basin and spatial configuration of middle and Late-Ordovician in Gansu Province(After Pan, *et al.*, 2006; 2013) [14,23]



可以划分为滨—浅海相、浅海陆棚相、开阔台地相、台地边缘浅滩相、潮坪相、半深海相(含斜坡相)以及深海盆地相沉积(图版I)。其中,浅海陆棚相、半深海相(含斜坡相)及深海相又可以划分为多种不同岩相类型,如浅海陆棚相中可以细分为浅海陆棚碎屑岩相、碎屑岩—火山岩相、碎屑岩—碳酸盐—火山岩相、碎屑岩—碳酸盐相等。详述如下:

#### (1) 滨—浅海相

以主要发育于中祁连—湟源地块西段党河南山北坡大部分地区及西宁一带的盐池湾组为代表,其实该组相变厉害,而滨浅海相沉积类型主要见于党河南山北坡的吾力沟至黑刺沟一带,盐池湾组中下部岩性为含砾细粒硬砂岩,含砾白云质硬砂岩,中细粒石英长石砂岩,常见波痕、斜层理等沉积构造,产腕足类和三叶虫化石,中下部岩性中含砾岩较多,应属于滨、浅海相逐渐过渡沉积。

#### (2) 浅海陆棚相

浅海陆棚相在研究区内广泛发育,但由于研究区复杂的构造演化,岩相发育各不相同:①浅海陆棚相碎屑岩—火山岩岩相:主要发育于走廊弧后盆地地区,武威市至张掖市一带出露面积最广。以中—上奥陶统地层中堡群为典型代表,其由碎屑岩及火山碎屑岩组成,碎屑岩以砂岩、板岩为主,偶见砾岩及砂砾岩;板岩与砂岩常呈不等厚互层状,见灰岩与火山岩透镜体及少量硅质岩;火山岩有熔岩、凝灰岩、安山质凝灰岩等及火山碎屑岩。见笔石、三叶虫、牙形刺及腕足类等化石。②浅海陆棚相火山岩—碳酸盐岩—碎屑岩岩相:主要发育于走廊南山陆缘弧盆地地区,主要出露在该带的北西侧,发育中—上奥陶统中堡群火山岩、火山碎屑岩及碎屑岩夹碳酸盐岩透镜体,其次为晚奥陶世中期的一些可以对比的未建组地层,发育永登—白银地区的火山岩—火山碎屑岩及打柴沟地区的碳酸盐—碎屑岩。③浅海陆棚相碎屑岩—碳酸盐岩岩相:发育于走廊弧后盆地西缘(北祁连西段)的肃南以西和盆地东段的天祝地区,分别以上奥陶统南石门子组和扣门子组为代表,岩性都为套灰色为主的灰岩、粉砂质板岩、硅质板岩、粉细砂岩及薄层的页岩不等厚互层,在西缘地区顶部见火山岩发育。产珊瑚、腹足类化石。同时,在北山地区,晚奥陶统的锡林柯博组及白云山组也发育一套碎屑岩与碳酸盐岩的浅海陆棚相沉积组合。④浅海陆棚相碎屑岩沉积:早奥陶世北山被动大陆边缘盆地的罗雅楚山群(也称砂井群)及早奥陶世走廊被动大陆边缘盆地

的阴沟群为此类岩相发育层组,前者以灰色的中细粒长石石英砂岩(局部层段含砾)、碳质、砂质页岩及硅质、碳质板岩为特征,见头足类及三叶虫发育,平行层理、水平层理局部发育。而后者除阴沟群底部发育一套火山岩外,其余层段以发育深灰色、灰黑色的泥页岩夹灰岩及粉细砂岩为主,见腕足类、头足类及三叶虫化石,表现为浅海陆棚相沉积环境。

#### (3) 开阔台地相

在研究区内分布局限。早奥陶世,在中祁连—湟源裂谷盆地的西北缘党河南山北坡发育一套吾力沟群地层,厚度达300余米,其下部为一套灰色、灰白色的厚层状灰岩,上不为深灰色的灰岩,产腕足类化石,呈北西—南东向长条状展布,岩性稳定,但延伸不远,至盐池湾地区已未见出露。中奥陶世伊始,研究区整体沉积环境相对稳定,在其西缘的玉门市、肃南以及嘉峪关市等地沉积一套晚奥陶世早期地层妖魔山组,其沉积岩性等特征表现为开阔台地相沉积,但走廊弧后盆地发育的妖魔山组和走廊南山陆缘弧盆地内发育的妖魔山组又有不同,前者分布于嘉峪关市以南,冷龙岭以北、安远等地,发育灰色巨厚层状灰岩,局部层段见泥质灰岩,底部见砾岩及角砾状粒屑灰岩。同时含丰富的底栖生物,是典型的沉积环境较为稳定的开阔台地相沉积。而后者分布于玉门市以南和肃南县以南地区,为一套致密灰岩、不纯灰岩及结晶灰岩,上部为厚层灰岩,产三叶虫化石,但在肃南以南局部地区可见以板岩、长石石英砂岩、中基性火山岩为主夹灰岩透镜体的层段发育,灰岩透镜体中产腕足化石。为什么前者发育的灰岩较后者稳定,厚度较大,无其他夹层?这可能是由于后者处于离俯冲消亡洋盆更近的走廊南山岛弧带以至于洋盆初始闭合阶段沉积环境不稳定,导致各地沉积组合有所差异。

其次,研究区东部中卫—固原—一线地区发育早奥陶统天景山组和米钵山组的厚层块状灰岩,平凉地区发育早奥陶统麻川组、水泉岭组及中奥陶统三道沟组的薄—厚层状灰岩,白云质灰岩等,都为典型开阔台地相沉积,体现出华北地台西缘稳定克拉通沉积环境。

#### (4) 台地边缘浅滩相

此类沉积相只发育于走廊弧后盆地局部地区,分布十分局限。发育晚奥陶统古浪组和扣门子组,前者分布于冷龙岭北部,极小面积出露,底部见暗紫红色粗粒石英砂岩,厚度较小。向上则全部为灰白色厚层生物碎屑粉晶灰岩,碎屑类型主要以藻类、海绵骨针

为主。出露于门源西北部大梁地区的扣门子组同样发育生物碎屑粉晶灰岩,碎屑以腕足类、藻类、海绵骨针及介形虫壳体为主,局部出现小型的珊瑚礁体。底部有一层内碎屑砾屑灰岩,亮晶方解石胶结,可能属于浅海风暴沉积<sup>[28]</sup>。

#### (5) 潮坪相

该类沉积相只分布于研究区东部的庆阳地区,且只见于早奥陶统下马家沟组浅黄灰色、灰褐色,浅灰色的云膏岩、纹层状泥质泥晶白云岩沉积。

#### (6) 半深海(含斜坡相)—深海相

该沉积相类型在研究区一是主要沿着洋盆俯冲消亡的结合带分布,如北祁连洋盆及消减洋盆,西起吊达坂—朱龙关,经玉石沟—穿刺沟,东至大阪山一带,主要有蛇纹石化斜辉橄榄岩、橄榄斜辉岩、蛇纹石化橄榄二辉岩等蛇绿岩及蛇绿混杂岩等,总体为深海盆地沉积。其次是洋盆俯冲形成的弧后海盆的扩张裂隙地区,主要分布于武威市的西南部及门源大梁地区及其以东,前者出露上奥陶统斯家沟组深灰色薄层粉细砂岩、砂质页岩夹瘤状灰岩和斜壕组的黑色、灰黑色砂质页岩、碳质页岩夹灰黑色、黑色的粉细砂岩,岩层中以富硫、高碳、多含有机质为特征,总体上表现出半深海—深海相沉积。后者出露中、上奥陶统大梁组和相变(在靖远一带)的中堡群,颜色以灰黑色、黑色为主,出露灰岩、千枚岩、板岩、页岩、砂岩及砾岩等,其中发育鲍马序列的a、b、c、d段发育,未见e段,为典型的高密度浊流半深海(含斜坡相)—深海相沉积<sup>[27]</sup>。三是分布于受洋盆发展消亡影响的中祁连—湟源裂谷盆地东北地区及走廊南山陆缘弧盆地区。前者发育次深海—深海相砂泥质、灰岩、硅质及火山岩沉积,出露于兰州至永靖一带的中、上奥陶统雾宿山群厚度大于6 000 m。发育水平层理,产三叶虫、笔石等化石等,是在相对平静的环境下形成的产物。后者发育次深海—深海相火山岩沉积,出露于盆地西北及东南一角,岩性以阴沟群顶部及中堡群的玄武岩、鞍山玄武岩、安山岩、英安岩等火山岩、火山碎屑岩为特征,厚度大于5 000 m,富含笔石、三叶虫及头足类化石等。

### 3 古地理研究与编图

#### 3.1 编图思路及方法

本文对造山带古地理的恢复与重建研究,主要基于作者自2008年以来所承担的中国地质调查局项目“中国岩相古地理编图”及国家重大科技专项“全国

油气基础地质编图”工作中首次提出的“构造控盆、盆控相、相控油气基本地质条件”的原创性编图思路<sup>[29-30]</sup>,利用造山带地区独特发育无序叠置在一起的“非史密斯型”地层不遵循史密斯生物顺序律和瓦尔特相律的特点,在“现今纬度上”采用“在同一板块、构造背景下形成的沉积盆地内及空间连续配置的沉积盆地之间采用瓦尔特相律对其沉积相及古地理进行合理的恢复与重建;但若是不同的板块及构造背景下形成的沉积盆地或者是空间不连续配置的沉积盆地之间,沉积相带及古地理单元的恢复与重建则按现今出露地层所反应出的沉积相忠实地表现,相带之间可以不遵循瓦尔特相律,且以现今的构造界线或是实际相界线如实分隔”的方法进行造山带的古地理编图与研究。这一过程中,造山带内沉积相及岩相古地理的研究不可置否为研究重点,且依然采用优势相的原则进行沉积相的分析及古地理单元的恢复,但注重沉积盆地属性与沉积相之间的匹配关系,所以编图单元内的构造演化及其控制下的原型沉积盆地类型的恢复及它们之间的空间配置关系研究则是前提与基础,它们的正确恢复与否,一定程度上规避了优势相原则下沉积相研究与沉积盆地属性不相匹配、自相矛盾情况的发生。这不仅为造山带这一复杂地带的岩相古地理恢复提供了研究与实践的方向及方法,而且具有学术上的可行性。

以北祁连及走廊地区为例,通过前人资料综合分析认为,早奥陶世时,存在北祁连洋盆,洋盆以北为华北克拉通板块的走廊被动大陆边缘盆地,三个沉积盆地之间为连续发育的空间配置关系,它们受同一构造作用即北祁连洋盆的扩张控制。从而本文对这些区域的古地理恢复与重建过程中,不管沉积盆地之间还是沉积盆地内,沉积相带的展布则严格按照瓦尔特相律进行恢复研究。这在实际研究结果中得到了充分体现:区域内西南缘为北西—南东走向的北祁连洋盆,岩性组合及沉积构造分析认为为次深海—深海沉积环境;紧邻为走廊被动大陆边缘盆地,岩性组合及沉积构造分析认为盆地内的自西南向东北依次发育大陆斜坡—次深海相及浅海陆棚相沉积环境;在区域最东缘则为华北克拉通盆地,该盆地西缘发育古陆及其边缘潮坪相沉积。从这沉积相带展布及古地理特征来看,该区域内的各个相带之间没有跳相现象,且从洋盆至克拉通的沉积环境是逐步的由深变浅的(图3)。

与之形成鲜明对比的是,中祁连地块早奥陶世时

发育裂谷盆地,其南北两侧分别为党河南山—拉脊山洋盆及北祁连洋盆,属于不同构造演化背景下的产物。从沉积盆地属性上来看,中祁连裂谷盆地与两侧的洋盆之间属于空间不连续展布的关系。从而,在对其沉积相及古地理研究时,本文的方法是按岩性组合及沉积构造所显示的沉积相忠实的表现,沉积相带可以不遵循瓦尔特相律。如图4所示,在中祁连裂谷盆地内,按现今出露地层实际恢复结果显示其西南缘主要发育一套浅海陆棚及碳酸盐岩台地沉积环境,东北缘则发育大陆斜坡相沉积环境。而与之相邻的地区则发育深海环境,从传统的古地理研究来看,它们之间是跳相的,是不合理的。但本文的宗旨不按瓦尔特相律原地忠实恢复即可。

### 3.2 古地理演化特征

奥陶纪作为研究区演化为造山带构造转换的关键时期,虽其古地理格局较为复杂,海陆分布变化较快,鉴于此,将在本文编图思路下分不同的构造单元进行论述。

早奥陶世时,受洋盆扩张的影响,研究区虽然总体上都为较单一的浅海—半深海海域环境,但大部分古地理单元之间却由于洋盆的存在可能相隔甚远,分属于不同的构造沉积单元及沉积体系。首先,研究区主体走廊地区由于北祁连洋盆的扩张基本处于比较稳定的被动大陆边缘盆地上发育陆棚—半深海古地

理单元,见阴沟群一套泥页岩为主夹薄层灰岩地层(图5)。需要注意的是,在整个走廊地区,阴沟群或与其相当的层组底部都发育一层火山岩,基性为主,说明在早奥陶世早期或之前,祁连地区的洋盆可能向北发生过一次俯冲,以托来运动为标志,因而造成了这一稳定被动陆缘盆地之上短暂沉积了一套火山岩。体现出构造—盆地—岩相(沉积相)三者之间的主次控制及紧密相连的关系。同时,与走廊地区同属于华北地层大区的平凉—庆阳地区,地处华北稳定克拉通盆地西缘,发育碳酸盐岩潮坪和开阔台地沉积环境。整体上北祁连地区的古地理演化主要受北祁连洋盆的扩张影响,区域内从南至北,从西至东,古地理单元之间是连续展布发育,环境水体具由深变浅的特征。

中祁连地区整体古地理格局为东北低,西南高,同时西缘相对于东缘水体较浅,发育吾力沟群和盐池湾组下部裂谷盆地型地层充填特征。除在党河南山北坡吾力沟及周缘地区发育碳酸盐岩台地古地理单元外,由西南至东北发育陆棚—大陆坡环境,其分界线大致为三个泉—托勒—湟源—西宁—临夏—康乐—陇西—线。从该地块现今与两侧洋盆的古地理格局展布来看,两者是不连续的。

敦煌—北山地区受古亚洲洋盆和阿尔金洋的扩张影响,空间上是连续展布的古地理格局。其北部大部分范围为浅海陆棚环境,在红柳河—马鬃山—公婆

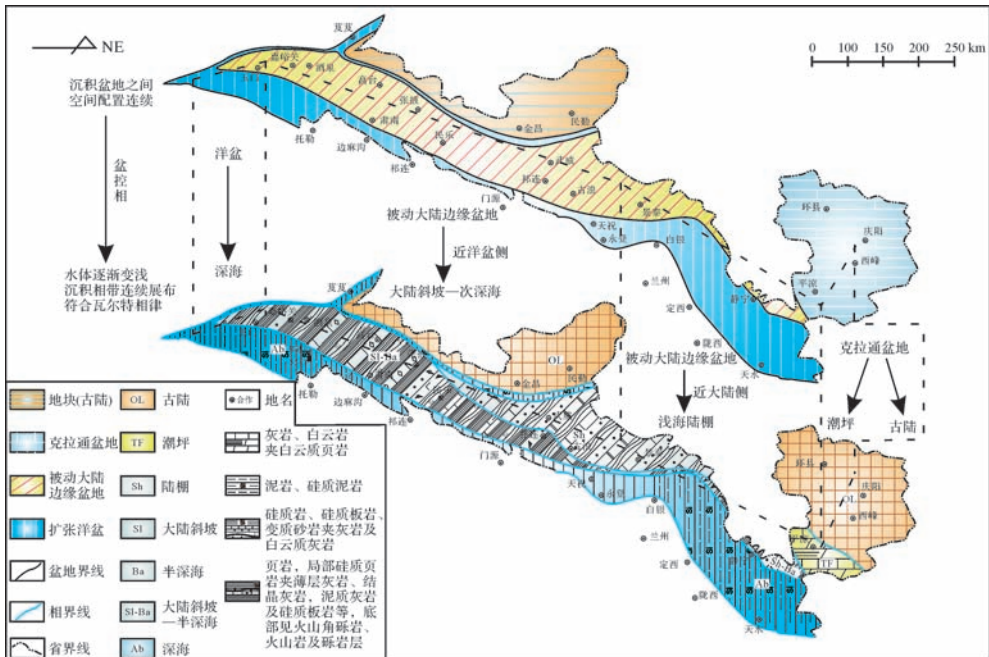


图3 北祁连地区早奥陶世沉积盆地空间配置关系对沉积相的控制关系图  
 Fig.3 Map of the relationship of deposit-basin spatial configuration controlling sedimentary facies of Early-Ordovician in North-Qilian Mountains area

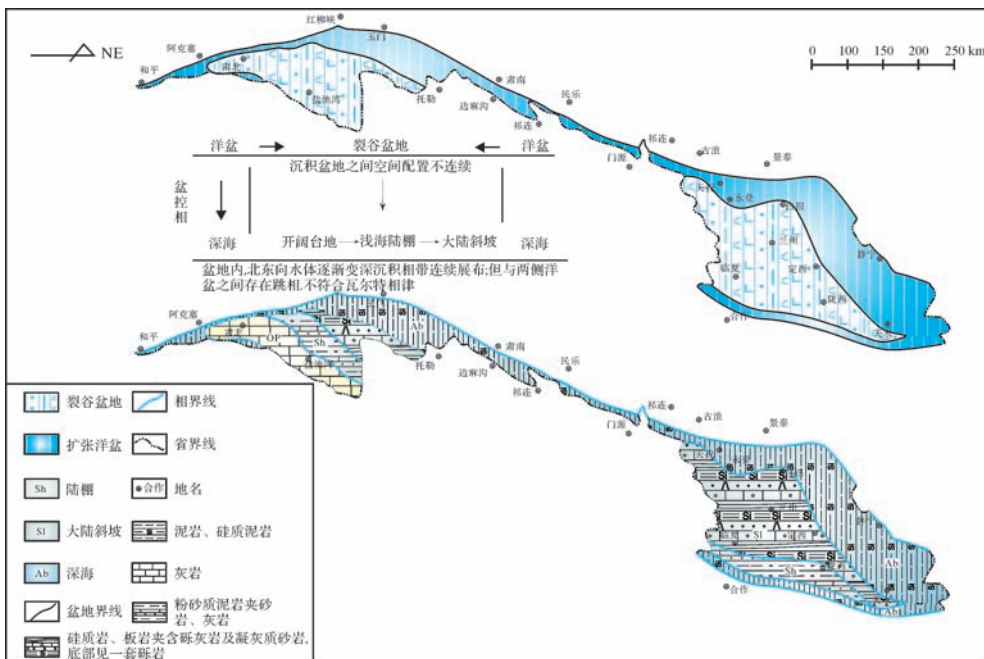


图4 中祁连地区早奥陶世沉积盆地空间配置关系对沉积相的控制关系图  
 Fig.4 Map of the relationship of deposit-basin spatial configuration controlling sedimentary facies of Early-Ordovician in Middle-Qilian Mountains area

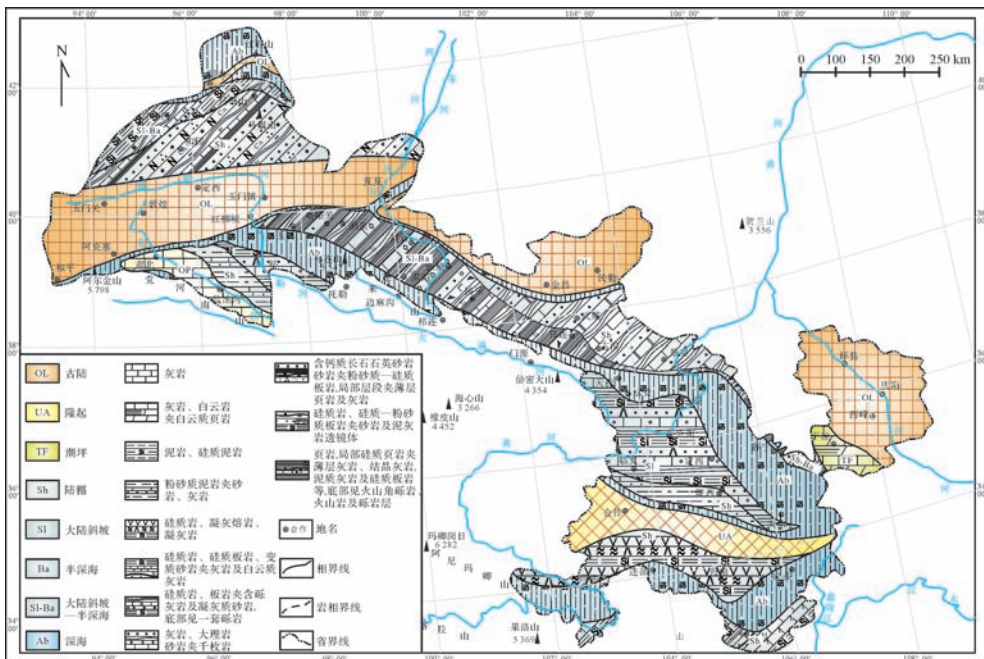


图5 甘肃省早奥陶世岩相古地理图

Fig.5 Map of the lithofacies-palaeogeographic of Early-Ordovician in Gansu province

泉一线以北至红石山为大陆坡—次深海环境,以北则为古亚洲洋域,南部的敦煌古陆则为它们提供物源供给。

西秦岭地区,受昆仑洋盆向北俯冲作用控制,发育弧后盆地,除局部点上出露一套粉砂质、碳质及硅

质板岩外大部分地区缺失地层沉积,从其沉积岩性来说,陆棚、次深海—深海两种沉积环境都有可能,由于沉积构造不发育,其古地理的恢复具有争议。本文从“构造控盆、盆控相”的角度分析,构造背景是昆仑洋盆的向北俯冲而形成西秦岭弧后盆地,在弧后盆地之



上发育这么一套粉砂质、碳硅质板岩,深水陆棚相应与前两者的控制作用更加吻合。

中奥陶世,整个研究区的古地理单元除各大洋盆依然表现为次深海—深海沉积环境外大都为浅海陆棚且水体逐渐变浅,局部地区已出现构造隆起为周缘提供近缘物源。这都归结于研究区及周缘各洋盆由扩张转为俯冲,开始了陆块之间的软碰撞这一构造背景的变化。各沉积盆地性质已由被动陆缘盆地转变为以陆缘弧盆地为主,沉积了一套火山岩、火山碎屑岩夹碎屑岩及灰岩的不稳定环境下的产物(图6)。

北祁连构造单元内的演化最具说明这一变化,受北祁连洋盆向北俯冲作用的影响,走廊地区此时开始广泛接受一套中堡群陆棚沉积环境下的巨厚的火山岩、火山碎屑岩夹少量变质岩、碎屑岩及灰岩的组合,整个地区表现为陆缘弧及其弧后盆地沉积特征:以肃南—天祝蛇绿岩带为界,南为走廊南山岛弧带,发育中堡群海相火山岩及火山碎屑岩,火山岩厚度较大,在该带东部局部地区碰撞造山,以南华山古隆起为标志;北为走廊弧后盆地,火山岩厚度相对较小,碎屑岩及碳酸盐岩夹层增多。华北西缘的平凉、陇县等地发育潮坪相沉积,其北东庆阳等广大地区依然为古陆,为周缘提供物源。该构造单元内,整个北祁连地区及华北板块的西缘之间,展现出向北俯冲的北祁连消减洋盆控制下的弧盆体系,古地理演化连续,沉积格局空间配置连续。

中祁连地区此时的古地理特征依然为东北低,西南高的格局,相对于北东,特别是东南部广阔的浅海陆棚—大陆坡雾宿山群下部火山岩、硅质板岩及变质砂岩沉积,肃北—盐池湾—湟源—西宁—康乐—陇西—一线以西南为一套石英砂岩、含砾粗砂岩夹板岩、细砂岩及砾岩滨岸—浅海陆棚沉积环境,纵向上水体由西南向北东逐渐变深且具西北相对较浅,东南相对较深的横向特征。结合两侧俯冲消减的北祁连洋和党河南山—拉脊山洋,从古地理格局的空间配置来看应为不连续展布,特别是地块的南缘滨浅海环境直接与消减洋盆的次深海—深海环境紧邻。但从北缘地层发育及其沉积环境的解译来看,中祁连地区受北祁连洋盆向南俯冲<sup>[14,23]</sup>作用的影响较大。

相对于以上各地区沉积环境出现的较大变化,巴颜喀拉—南秦岭及北山地区的沉积环境变化甚微。前者依然发育火山岩、火山岩碎屑岩的浅海陆棚沉积环境。后者南侧的敦煌古陆依然向周缘提供物源,古陆北侧的大部分地区依然为浅海陆棚沉积,水体相对

变浅;红柳河—马鬃山—公婆泉一线以北至红石山发育大陆斜坡复理石沉积,往北古亚洲洋持续俯冲消减为残留洋盆。

研究区晚奥陶世继承了中奥陶世以来的构造转型及软碰撞造山,残留洋盆范围继续减小,海盆范围有所增大,沉积环境一定时期内相对趋于稳定;同时局部范围内的拉张伸展作用使得如走廊弧后盆地的肃南—天祝等地出现微小型弧后洋盆,发育小范围的深水盆地(图7)。

北祁连走廊地区主体都为浅海陆棚沉积环境,但不同地区差异明显,整体上古地理特征表现为西缘、西北缘水体相对较浅,为滨浅海、开阔台地环境,中东部,西南缘水体相对较深,为深水陆棚环境。走廊地区西北缘玉门、嘉峪关、肃南一带以发育一套灰岩夹凝灰质板岩、凝灰质砂岩为主的开阔台地沉积环境。往东酒泉—民乐一线及张掖—武威—景泰一线的广大地区为浅海陆棚沉积环境,但两者表现出不同的沉积岩性:前者呈现长石石英砂岩、泥质粉砂质板岩夹灰岩,局部夹硅质岩的岩性组合,相对于后者发育的泥灰岩、页岩及少量砂岩且底部发育一套砂砾岩层的岩性组合表现出水体相对较浅的沉积特征。值得注意的是,在该区中东部地区的古浪、武威等地周缘发育一套页岩、局部碳质页岩夹粉砂岩次深海深水盆地沉积,究其原因,一种可能是北祁连洋盆向华北板块的俯冲碰撞,使得这些地区处于碰撞带中的局部相对凹陷地区,水体相对变深,发育次深海相沉积环境;二是北祁连洋盆俯冲形成的弧后盆地局部拉张伸展,发育微小型洋盆型相对深水沉积。本文认为后者的控制因素占主要,但不排除前者因素的影响,特别是前者的控制作用在华北板块西(南)缘体现的尤为突出的情况下:在平凉一带形成了华北古陆边缘相对深水的凹陷沉积区,发育次深海(斜坡)陆源泥质岩为主夹碳酸盐重力流沉积,发育黑色笔石页岩,主要有黑色页岩、泥岩、深灰色—黑色泥晶灰岩、浊积砂岩等。台缘斜坡→开阔台地依次靠近古陆发育,前者主要发育泥灰岩、页岩、砂屑灰岩及角砾状灰岩,后者主要发育灰岩、白云岩,局部层段夹泥岩,灰岩发育较多的生物。结合北祁连走廊南山地区发育的一套海相火山岩(Ovb)沉积,整个北祁连—走廊—华北西缘地区古地理展布从西南向至东北向,从西北缘至东南缘与北祁连洋盆向北俯冲这一构造演化及其控制的沉积盆地类型耦合良好,这一构造单元内,古地理格局空间上连续展布。

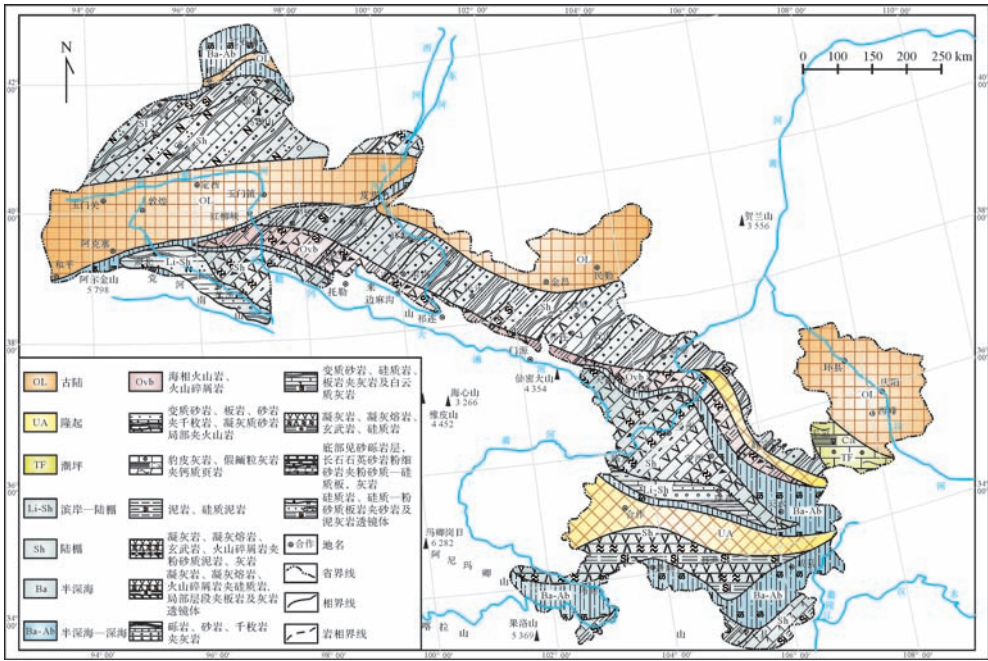


图6 甘肃省中奥陶世岩相古地理图

Fig.6 Map of lithofacies-palaeogeography of Middle-Ordovician in Gansu province

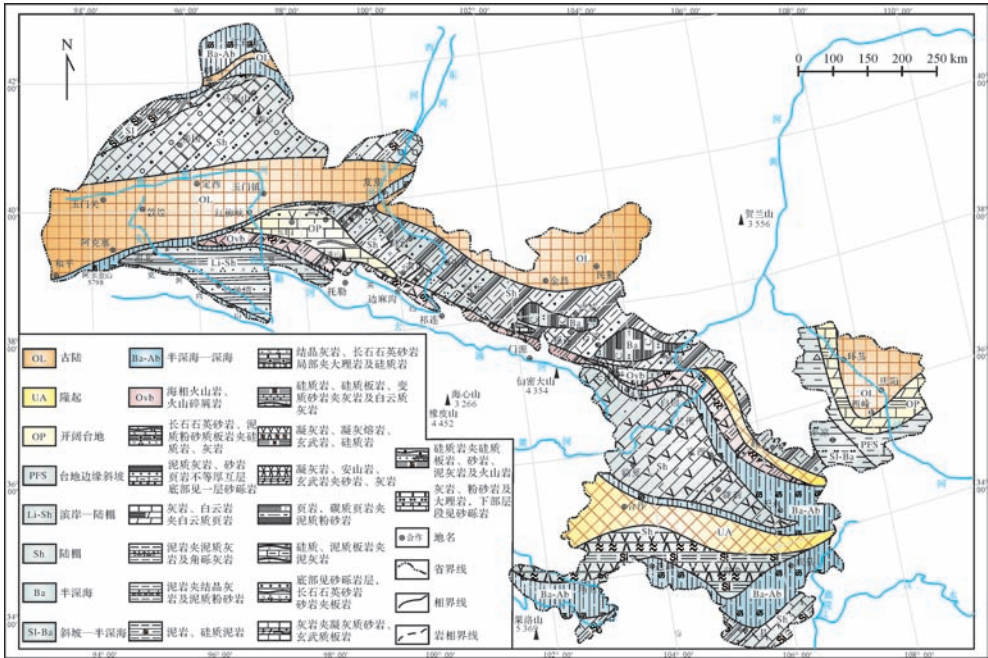


图7 甘肃省晚奥陶世岩相古地理图

Fig.7 Map of lithofacies-palaeogeography of Late-Ordovician in Gansu province

中祁连地区虽处于陆缘弧盆地发育之中,但局部地区的沉积环境趋于相对稳定,其古地理格局依然为东北相对低,西南相对高,同时西北缘相区相对于东南缘相区沉积环境水体较浅,即党河南山北坡地区为水体更浅的滨浅海相对稳定沉积环境,发育砂砾岩、

砂岩、长石石英砂岩夹板岩等,而兰州—白银等地则为火山岩、火山碎屑岩夹灰岩、变质砂岩发育的深水陆棚相相对活动的沉积环境,其往东至陇县等地可能存在水体更深的次深海—深海环境。

此时的北山广大地区处于浅海陆棚沉积环境之

中,主要受控于古亚洲洋盆持续俯冲消减的影响,敦煌古陆为其提供了丰富的物源,沉积了一套砂砾岩、粉砂岩及灰岩的韵律沉积,垂向序列演化具水体逐步变浅的沉积特征,反映出与构造相匹配的演化径迹。但在盆地的西北缘红柳河等地区,沉积了一套硅质岩为主,局部有硅质板岩夹粉砂岩及灰岩地层,对此前人未做相应研究,本文认为由于板块之间的碰撞造成的构造挤压使该地区海水相对变深而发育这么一套次深海环境下的产物。

西秦岭弧后盆地范围内的合作—成县等大部分地区未见沉积,依然处于隆升、剥蚀阶段。盆地南缘东昆仑残留洋盆的持续向北俯冲作用使得西秦岭残留海的火山岩物质沉积依然丰富,沉积水体主要为浅海环境。而残留洋盆本身,水体依然为次深海—深海环境;文县等地区受残留洋盆俯冲作用影响较小,发育浅海陆棚灰岩、砂岩夹硅质岩沉积。

## 4 结论及讨论

(1) 甘肃省奥陶纪经历了早奥陶世北祁连洋盆、古亚洲洋盆及西昆仑洋盆发展扩张,中晚奥陶世各洋盆俯冲消亡至造山的复杂构造体制转换过程,结合前人研究资料首次编制了相应的沉积构造格架及沉积盆地类型图(图1,2),分析了它们之间的空间配置关系。

(2) 甘肃省奥陶纪共划分出滨浅海相、浅海陆棚相、开阔台地相、台地边缘浅滩相、潮坪相以及半深海(含斜坡相)—深海相等7类沉积相类型,沉积相带的识别与展布与构造演化响应较好,是与沉积盆地类型吻合的综合物质表现。

(3) 采用在“现今纬度上”采用“在同一板块、构造背景下形成的沉积盆地内及空间连续配置的沉积盆地之间采用瓦尔特相律对其沉积相及古地理进行合理的恢复与重建;但若是不同的板块及构造背景下形成的沉积盆地或者是空间不连续配置的沉积盆地之间,沉积相带及古地理单元的恢复与重建则按现今出露地层所反应出的沉积相忠实地表现,相带之间可以不遵循瓦尔特相律,且以现今的构造界线或是实际相界线如实分隔”的方法以甘肃省奥陶纪为例对造山带古地理特征进行了研究与探讨实践,编制了相应的古地理图件(图5,6,7)。

(4) 造山带古地理的恢复与重建难度较大,研究方法体系尚未建立。本文的编图思路及方法是对造山带古地理研究的一种探讨及尝试,还需在以后的研

究中进一步总结与完善。

## 参考文献 (References)

- 葛肖虹,刘俊来. 北祁连造山带的形成与背景[J]. 地学前缘, 1999, 6(4): 223-230. [Ge Xiaohong, Liu Junai. Formation and tectonic background of the northern Qilian Orogenic Belt[J]. Earth Science Frontiers, 1999, 6(4): 223-230.]
- Ogniben L. Introduction to the structural model[M] // Ogniben L, Parotto M, Praturlon A. Structural Model of Italy: Maps and Explanatory Notes. Rome: Ufficio Pubblicazioni CNR, 1975: 11-16.
- 吴时国,殷鸿福,费琪. 造山带古地理重建的研究方法综述[J]. 岩相古地理, 1994, 14(5): 56-61. [Wu Shiguo, Yin Hongfu, Fei Qi. The methods of palaeogeographic reconstruction of orogenic belt[J]. Sedimentary Facies and Palaeogeography, 1994, 14(5): 56-61.]
- 李祥辉. 造山带古地理和盆地分析基础: 露头的复原与复位——以前龙山中北段泥盆系为例[J]. 成都理工学院学报, 1997, 24(4): 54-60. [Li Xianghui. Determination of depositional position of orogenic belt strata in paleogeography and basin analysis[J]. Journal of Chengdu University of Technology, 1997, 24(4): 54-60.]
- 徐强. 造山带沉积学——以中国几个典型造山带为例[D]. 成都: 成都理工大学, 2001: 1-197. [Xu Qiang. The sedimentology of orogenic belt[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2001: 1-197.]
- 蔡雄飞,王国灿,李德威. 造山带古地理恢复的反序方法[J]. 地学前缘, 2004, 11(1): 1. [Cai Xiongfei, Wang Guocan, Li Dewei. The antitone method of paleogeography recover of orogenic belt[J]. Earth Science Frontiers, 2004, 11(1): 1.]
- 吴根耀. 初论造山带古地理学[J]. 地层学杂志, 2003, 27(2): 81-98. [Wu Genyao. An approach to orogen-paleogeography[J]. Journal of Stratigraphy, 2003, 27(2): 81-98.]
- 吴根耀. 造山带古地理学——在盆地构造古地理重建中的若干思考[J]. 古地理学报, 2005, 7(3): 405-416. [Wu Genyao. Orogen-palaeogeography: Some considerations on basin's palinspastic reconstruction[J]. Journal of Palaeogeography, 2005, 7(3): 405-416.]
- 李荣社,计文化,陈守建,等. 青藏高原及邻区古生代构造—岩相古地理图[M]. 北京:地质出版社, 2010: 64-78. [Li Rongshe, Ji Wenhua, Chen Shoujian, et al. The Tectonic-Lithofacies Paleogeographic Map of Paleozoic in Qinghai-Tibet Plateau and Its Adjacent Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2010: 64-78.]
- 殷鸿福,张克信. 中央造山带的演化及其特点[J]. 地球科学, 1998, 23(5): 438-442. [Yin Hongfu, Zhang Kexin. Evolution and characteristics of the central orogenic belt[J]. Earth Science, 1998, 23(5): 438-442.]
- 潘桂棠,王立全,朱弟成. 青藏高原区域地质调查中几个重大科学问题的思考[J]. 地质通报, 2004, 23(1): 12-19. [Pan Guitang, Wang Liquan, Zhu Dicheng. Thoughts on some important scientific problems in regional geological survey of the Qinghai-Tibet Plateau [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(1): 12-19.]
- 陆松年,于海峰,李怀坤,等. “中央造山带”早古生代缝合带及构

- 造分区概述[J]. 地质通报, 2006, 25(12): 1368-1380. [Lu Songnian, Yu Haifeng, Li Huaikun, et al. Early Paleozoic suture zones and tectonic divisions in the "Central China Orogen" [J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25(12): 1368-1380.]
- 13 马丽芳, 丁孝忠, 刷远景, 等. 中国地质图集[M]. 北京: 地质出版社, 2003: 325-340. [Ma Lifang, Ding Xiaozhong, Ju Yuanjing, et al. Geology Maps of China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2003: 325-340.]
- 14 潘桂棠, 王立全, 李荣社, 等. 青藏高原及邻区大地构造说明书[M]. 北京: 地质出版社, 2013: 30-44. [Pan Guitang, Wang Liquan, Li Rongshe, et al. The Tectonics Specification of the Qinghai-Tibet Plateau and Its Adjacent Region[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2013: 30-44.]
- 15 冯益民, 吴汉泉. 北祁连山及其邻区古生代以来的大地构造演化初探[J]. 西北地质科学, 1996, 13(2): 61-72. [Feng Yimin, Wu Hanquan. Tectonic evolution of North Qilian Mountains and its neighbourhood since Paleozoic[J]. Northwest Geoscience, 1996, 13(2): 61-72.]
- 16 冯益民, 何世平. 北祁连山蛇绿岩的地质地球化学研究[J]. 岩石学报, 1995, 11(增刊 I): 125-146. [Feng Yimin, He Shiping. Geological and geochemical study of ophiolite of North Qilian Mountains [J]. Acta Petrologica Sinica, 1995, 11(Suppl.I): 125-146.]
- 17 夏林圻, 夏祖春, 徐学义. 北祁连山海相火山岩岩石成因[M]. 北京: 地质出版社, 1996: 12-146. [Xia Linqi, Xia Zuchun, Xu Xueyi. Petrogenesis of Tectonic Volcanic Rocks of North Qilian Mountains [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996: 12-146.]
- 18 张瑞林, 赵江天, 申少宁. 北祁连山早古生代海相火山沉积相及地质找矿[M]. 北京: 地质出版社, 1997: 97-113. [Zhang Ruilin, Zhao Jiangtian, Shen Shaoning. Marine Volcanic Sedimentary Facies and Geological Prospecting of Early Palaeozoic of North Qilian Mountains [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997: 97-113.]
- 19 朱杰, 杜远生. 北祁连造山带老虎山奥陶系硅质岩地球化学特征及古地理意义[J]. 古地理学报, 2007, 9(1): 69-71. [Zhu Jie, Du Yuansheng. Geochemistry characteristics and palaeogeographic significance of the Ordovician siliceous rocks from Laohushan area, North Qilian orogenic belt [J]. Journal of Palaeogeography, 2007, 9(1): 69-71.]
- 20 左国朝, 刘义科, 刘春燕. 甘新蒙北山地区构造格局及演化[J]. 甘肃地质学报, 2003, 12(1): 1-15. [Zuo Guochao, Liu Yike, Liu Chunyan. Framework and evolution of the tectonic structure in Beishan area across Gansu province, Xinjiang autonomous region and Inner Mongolia Autonomous Region [J]. Acta Geologica Gansu, 2003, 12(1): 1-15.]
- 21 何世平, 任秉琛, 姚文光, 等. 甘肃内蒙古北山地区构造单元划分[J]. 西北地质, 2002, 35(4): 30-40. [He Shiping, Ren Bingchen, Yao Wenguang, et al. The division of tectonic units in Beishan area, Gansu-Inner Mongolia [J]. Northwestern Geology, 2002, 35(4): 30-40.]
- 22 何世平, 周会武, 任秉琛, 等. 甘肃内蒙古北山地区古生代地壳演化[J]. 西北地质, 2005, 38(3): 6-15. [He Shiping, Zhou Huiwu, Ren Bingchen, et al. Crustal evolution of Palaeozoic in Beishan area, Gansu and Inner Mongolia, China [J]. Northwestern Geology, 2005, 38(3): 6-15.]
- 23 潘桂棠, 李兴振, 王立全, 等. 青藏高原及邻区大地构造单元初步划分[J]. 地质通报, 2006, 21(11): 701-707. [Pan Guitang, Li Xingzhen, Wang Liquan, et al. Preliminary division of tectonic units of the Qinghai-Tibet Plateau and its adjacent regions [J]. Geological Bulletin of China, 2006, 21(11): 701-707.]
- 24 张旗, 孙晓猛, 周德进, 等. 北祁连蛇绿岩的特征、形成环境及其构造意义[J]. 地球科学进展, 1997, 12(4): 366-393. [Zhang Qi, Sun Xiaomeng, Zhou Dejin, et al. Characteristics, forming environment and its tectonic significance of ophiolite of North Qilian Mountains [J]. Advances in Earth Science, 1997, 12(4): 366-393.]
- 25 1:5 万三道湾幅[R]. 全国地质资料馆, 1998: 1-40. [1:5 myriad of sandaowan sheet [R]. National Geological Archives, 1998: 1-40.]
- 26 甘肃省地质矿产局. 甘肃省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1986. [Bureau of Geology and Mineral Resources of Gansu Province. Regional Geology of Gansu Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1986.]
- 27 周志强, 曹宣铎, 赵江天, 等. 祁连山东部早古生代地层和沉积—构造演化[J]. 西北地质科学, 1996, 17(1): 1-58. [Zhou Zhiqiang, Cao Xuanduo, Zhao Jiangtian, et al. Early Palaeozoic stratigraphy and sedimentary-tectonic evolution in eastern Qilian Mountains, China [J]. Northwest Geoscience, 1996, 17(1): 1-58.]
- 28 方国庆, 王多云, 张晓宝. 甘肃天祝斜壕地区上奥陶统远源钙质风暴岩的发现[J]. 地层学杂志, 1994, 18(4): 296-298. [Fang Guoqing, Wang Duoyun, Zhang Xiaobao. Discovery of distal calcareous tempestites of Upper Ordovician age from Tianzhu, Gansu [J]. Journal of Stratigraphy, 1994, 18(4): 296-298.]
- 29 牟传龙, 许效松. 华南地区早古生代沉积演化与油气地质条件[J]. 沉积与特提斯地质, 2010, 30(3): 24-29. [Mu Chuanlong, Xu Xiaosong. Sedimentary evolution and petroleum geology in South China during the Early Palaeozoic [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2010, 30(3): 24-29.]
- 30 牟传龙, 周恩恩, 梁薇, 等. 中上扬子地区早古生代烃源岩沉积环境与油气勘探[J]. 地质学报, 2011, 85(4): 526-532. [Mu Chuanlong, Zhou Kenken, Liang Wei, et al. Early Paleozoic sedimentary environment of hydrocarbon source rocks in the Middle-Upper Yangtze Region and petroleum and gas exploration [J]. Acta Geologica Sinica, 2011, 85(4): 526-532.]

# The Lithofacies-palaeogeographic Research and Practice of Orogenic Belt: An example of Ordovician in Gansu province

MOU ChuanLong<sup>1,2</sup> WANG QiYu<sup>1,2,3</sup> WANG XiuPing<sup>1,2</sup> CHEN XiaoWei<sup>1,2</sup>  
ZHOU KenKen<sup>1,2</sup> GE XiangYing<sup>1,2</sup>

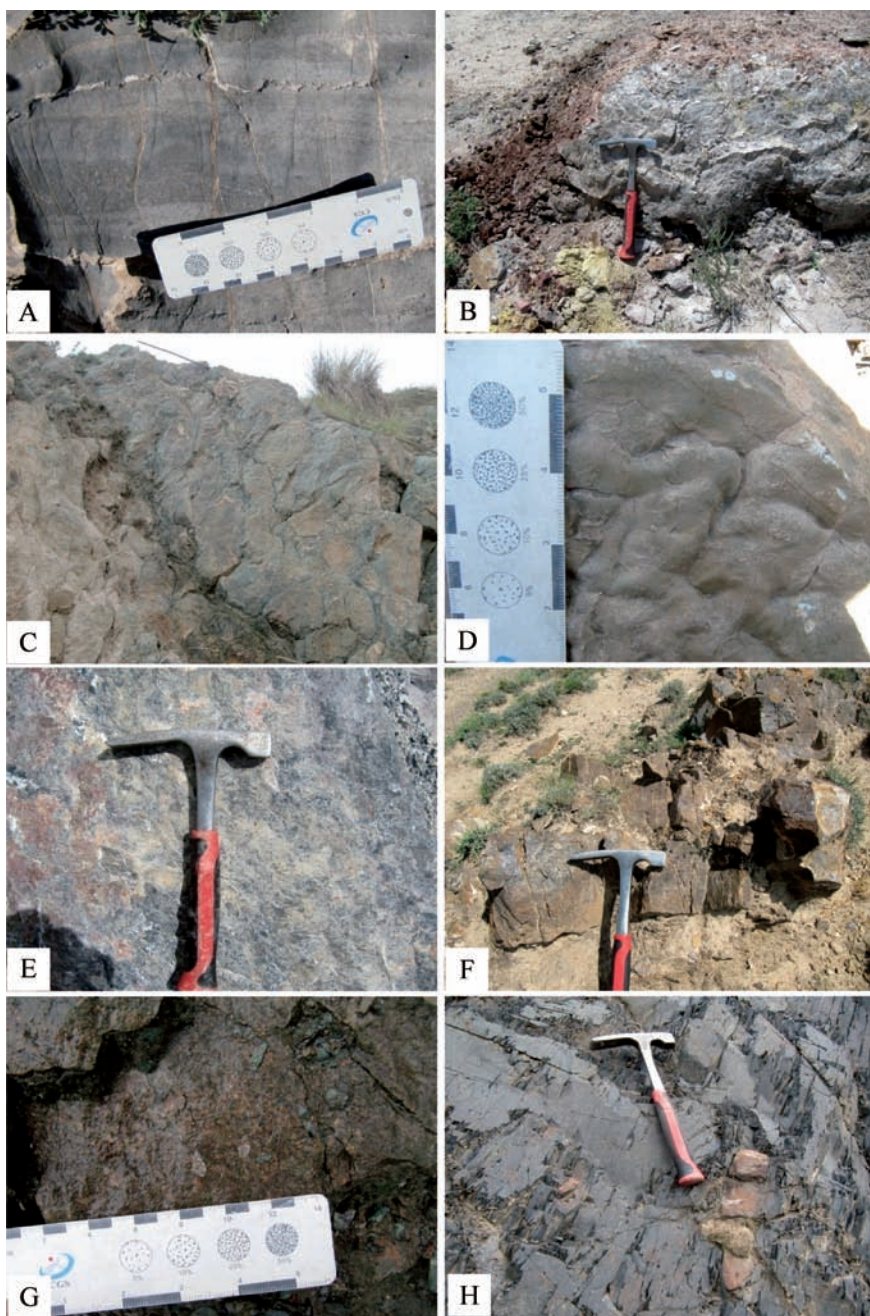
(1. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, China;

2. Key Laboratory for Sedimentary Basin and Oil and Gas Resources, MLR, Chengdu 610082, China;

3. Shangdong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China)

**Abstract:** It's difficult to restore and reconstruct the palaeogeographic of the orogenic belt, and there was no research method system to follow. Ordovician in Gansu province was the study target. Combined with the existing study, compiled the sedimentary tectonic map and the sedimentary basin type map of the Lower-Middle-Late Ordovician, the relationship of spatial disposition between them was analyzed. Under the "basin-controlling tectonic, facies-controlling basin" thought, on the basis of the sedimentary lithology, texture-structure and the paleontological, and using the dominant facies principle, littoral-neritic facies, shelf facies, open sea platform facies, platform margin shoals facies, tidal flat facies, bathyal facies (including slope facies) and abyssal facies were figured out in study area. "In the same plate and the same tectonic settings, or in the sedimentary basin which have the space connection configuration, the Walther facies law was used to restore the paleogeographic of the basin. However, restoring paleogeographic of the basin by the real sedimentary environment of the emergence strata, Palaeogeographic units can't follow the Walther facies law." Under the guidance of the principle, Paleogeography of the study area was restored and rebuilt, also, the corresponding paleogeographic map was established. It provides a mapping train of restoring lithofacies-paleogeographic for orogenic belt, which has the theoretical and practical significance.

**Key words:** orogenic belt; Gansu province; Ordovician structure; Walther facies; sedimentary facies; lithofacies-palaeogeography



**图版 I 说明** A.生物碎屑层,景泰县红柳泉奥陶系下统,陆棚相;B.泥岩层中发育的膏岩,景泰县红柳泉奥陶系下统,潮坪相;C.枕状凝灰质熔岩,永登县石灰沟奥陶系下统,深海相;D.砂岩底部见沟模构造,嘉峪关格辣子沟,斜坡一次深海相;E.中厚层状灰黑色灰岩,鱼儿红乡上奥陶统,碳酸盐岩台地相;F.凝灰质板岩夹硅质岩,景泰县米钵山中奥陶统,陆棚相;G.凝灰质熔岩、凝灰岩,见少量角砾,兰州永靖雾宿山群,陆棚相;H.灰黑色、黑色泥岩,见极少量碳酸盐角砾,景泰县北,次深海相。