文章编号: 1009-3850(2016)01-0055-07

北祁连地区中寒武世岩相古地理研究

谭志远[1]，牟传龙[2]，王启宇[1,2]，陈小炜[2]，葛祥英[2]，侯 乾[1]

(1. 山东科技大学，山东 青岛 266590; 2. 中国地质调查局成都地质调查中心，四川 成都 610081)

摘要: 现今地处造山带的北祁连地区在中寒武世时期拉张的构造背景下海域进一步拓宽。通过对北祁连地区中寒武统地层野外调查及室内分析研究，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，在优势相原则的指导下，共划分出浅海陆棚相、半深海相、深海盆地相 3 种沉积相类型。结合前人的研究资料，编制北祁连地区中寒武世的沉积构造格架及沉积盆地类型图，分析其空间配置关系。在此基础上，采用造山带岩相古地理编图方法，恢复与重建研究区的古地理面貌，编制相应的古地理图。

关 键 词: 北祁连地区; 中寒武世; 瓦尔特相律; 岩相古地理

中图分类号: P512.2 **文献标识码:** A

前言

岩相古地理重建对于油气勘探有着重要的作用，北祁连地区地质研究和勘探虽有很长的历史，但作为中国著名的“中央造山带的”的一部分[1-3]与我国其它地区相比，受地质和地表条件限制，其总体研究和勘探程度较低。前人[4-7]对研究区中寒武世岩相古地理特征研究成果颇丰，但是对岩相古地理争议较大，究其原因主要是由于其地处造山带，岩相古地理的恢复难度较大，且尚无方法可循。面对着这些争议，本文作者在“构造控盆、盆地控相、相控油气基本地质条件”的编图思路基础上[8-9]，在现今纬度上，针对造山带地区灵活运用瓦尔特相律对其沉积相及古地理进行合理恢复与重建。

1 区域构造背景及沉积盆地类型

研究区地质情况复杂，地质构造演化受到原特提斯洋和古亚洲洋的双重制约[11]，现今表现为盆山相间的构造格局[13]。北祁连地区早古生代地处中祁连地块和塔里木、华北板块之间，是主要地块与造山带聚集交接转换部位，也是东西、北西向构造带与北东向构造带交会区[14-17]。区内具前寒武纪下元古界变质结晶基底[18]，构造演化主要经历了震旦纪晚期—早奥陶世北祁连洋盆发展扩张，中奥陶世—志留纪洋盆俯冲消亡至造山的复杂过程; 而寒

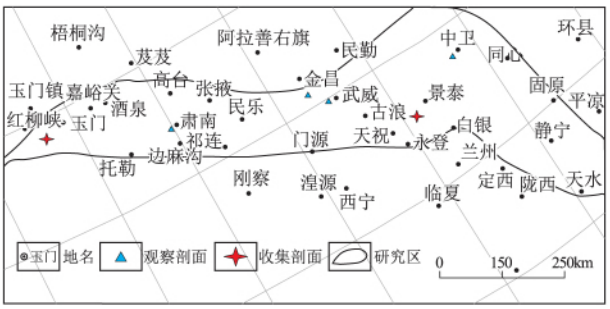

图 1 研究区剖面位置图

Fig. 1 Location of the studied sections in northern Qilian area

收稿日期: 2015-08-22; 改回日期: 2015-09-25

作者简介: 谭志远(1990-)，男，硕士研究生。研究方向: 沉积学与盆地分析。E-mail: zhiyuantan1314@163.com

资助项目: 国家重大科技专项“全国油气基础地质编图”(2008ZX05043-005)、中国地质调查局项目“中国岩相古地理编图”(1212010916060)的联合资助

武纪则处于洋盆扩张的关键时期，具有承上启下的作用。

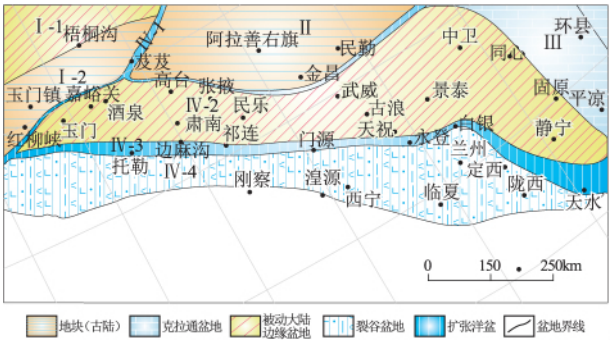

图2 北祁连地区中寒武世构造格架、沉积盆地类型及空间配置关系图[11,19]

Ⅰ-1. 敦煌被动大陆边缘盆地; Ⅰ-2. 敦煌地块; Ⅱ. 阿拉善地块; Ⅲ. 华北克拉通盆地; Ⅳ-1. 阿尔金洋盆; Ⅳ-2. 走廊被动大陆边缘盆地; Ⅳ-3. 北祁连洋盆; Ⅳ-4. 祁连裂谷盆地

Fig. 2 Tectonic framework, basin type, and spatial distribution of northern Qilian area during the Cambrian (after Pan Guitang et al, 2013, 2006)

中寒武时期的北祁连地区继承了早寒武世以来洋盆扩张演化历史，海域范围进一步扩大[11,12,19]。前人研究表明，以玉石沟-野牛沟-清水沟蛇绿岩结合带为代表的北祁连洋形成时代为早古生代[20-22]，发育于洋盆扩张的构造环境[21-25]。该带北侧为华北板块西缘的走廊被动大陆边缘盆地[15,19]，其上发育海相碎屑岩-碳酸盐沉积组合。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(图2)。

2 地层划分对比

造山带构造复杂，不同构造单元、同一构造单元内的不同盆地(地区)地层出露差异较大，研究区内寒武纪地层划分对比[26-31]遵循尽可能对地质体的划分做到客观、准确的原则。总体上，研究区地层划分为：北祁连地区和酒泉-武威-中宁(走廊)地区两大分区(表1)。对于时代归属存在争议的香山群，本文采取其归为中、晚寒武世的观点[31-35]。

3 沉积相类型及特征

研究区中寒武统地层发育较全，沉积特征各异，通过野外露头及室内研究综合分析，主要识别出浅海陆棚相、半深海相及相3种沉积相类型，而浅海陆棚相又可以划分出浅海陆棚碎屑岩相、碎屑岩-火山岩相、碎屑岩-碳酸盐相。

3.1 浅海陆棚相

陆棚是指在正常浪基面以下外海与大陆斜坡相接的广阔的浅海沉积地区。浅海陆棚相在研究区广泛发育，由于研究区构造演化复杂，岩相发育各不相同。(1)碎屑岩浅海陆棚相主要发育于永昌-武威地区。永昌杜家庄剖面中—上寒武统大黄

表1 研究区及邻区寒武系地层划分对比[13,26]

Table 1 Division and correlation of the Cambrian strata in northern Qilian area and its adjacent areas

系	统	阶	中祁连地区	北祁连地区	酒泉-武威-中宁(走廊)地区			鄂尔多斯西南区	
			东段及北部	昌马-肃南-永登-西吉	酒泉-永昌-武威	中宁-同心		桌子山-贺兰山-青龙山-罗津	
寒武系	上寒武统$\in_3$	凤山阶		香毛山组	大黄山组	香山群	第四亚群		炒米店组
		长山阶					第三亚群		
		崮山阶					第二亚群		张夏组
	中寒武统$\in_2$	张夏阶	黑茨沟组	黑茨沟组	黑茨沟组	黑茨沟组		胡鲁斯台组	
		徐庄阶					第一亚群	陶思沟组	馒头组
		毛庄阶						朱砂洞组	
	下寒武统$\in_1$	龙王庙阶						辛集组	
		沧浪铺阶							
		筇竹寺阶							
		梅树林阶							

山组下段以灰色、灰绿色粉细砂岩、细砂岩及泥质粉砂岩为主，发育水平层理，局部砂岩底部见印模(图3)。武威四沟咀剖面岩性主要为灰绿色变质砂岩夹千枚状板岩、石英岩，偶见灰岩透镜体，厚度大于5000m。两个地区都表现出碎屑岩浅海陆棚相沉积特征。(2)火山碎屑岩浅海陆棚相主要发育在天祝-永登一带。以永登中寒武统黑茨沟组为典型代表，其由碎屑岩及火山碎屑岩组成，碎屑岩主要有千枚岩、变质砂岩、凝灰质千枚岩、少量硅质岩及少量结晶灰岩；火山碎屑岩有变质英安凝灰岩、变质流纹英安凝灰岩等。该剖面主要以变质砂岩和火山碎屑岩为主，野外沉积构造不发育，室内薄片观察到水平层理及变形层理等，结合构造背景及沉积盆地类型分析，推测为火山碎屑岩浅海陆棚相沉积环境。(3)碎屑岩-碳酸盐岩浅海陆棚相主要发育在宁夏中卫-同心一带。以宁夏康拉碑中晚寒武世香山群中下段为代表，碳酸盐岩主要发育在香山群第一亚群中，岩性为薄层灰岩、泥质条带灰岩、千枚岩、灰绿色板岩与变质砂岩互层。有少量三叶虫化石，沉积构造以水平层理为主(图4A、B、C)。其中灰岩多为微晶灰岩，灰岩层面可见较多的铁质结核，局部层系之间泥质条带灰岩发育，泥质条带尖灭表现出透镜体状现象，整体上表明其形成于较低能的深水陆棚环境。碎屑岩主要发育在香山群第二亚群及第三亚群下段。整体岩性为灰绿色、黄绿色变质砂岩与板岩的韵律互层，并夹有少量薄层灰岩及硅质岩。见腕足类及三叶虫化石，平行层理、小型交错层理局部发育(图4D、E、F)，表现出浅水陆棚相沉积特征。

3.2　半深海相

半深海的位置相当于大陆坡，是浅海环境与深海环境的过渡区[36]。半深海相沿蛇绿岩带分布，主要分布于张掖-民乐以西的地区，以昌马和肃南的黑茨沟组为代表。其中昌马黑茨沟组岩性下部为灰黑色、黑色泥质板岩、薄层硅质岩、含锰硅质岩、硅质板岩及晶屑凝灰岩夹细碧玢岩；上部为灰黑色砂泥质板岩、凝灰质砂岩、黑色板岩，见有少量三叶虫化石，发育水平层理，局部发育浊积岩。肃南白泉沟

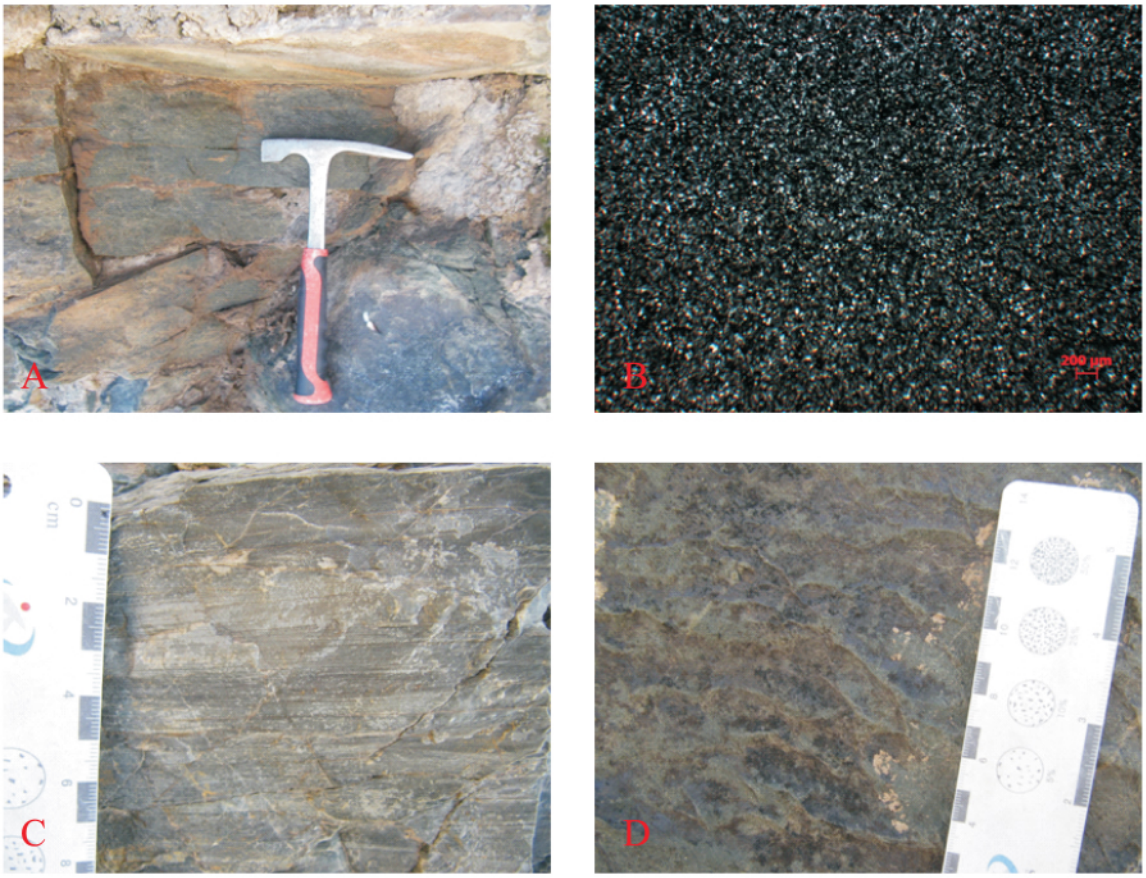

图3　甘肃永昌大黄山组沉积特征

A. 灰绿色粉细砂岩；B. 泥质粉砂岩(正交偏光，×25)，水平纹层；C. 粉砂岩中水平层理，砂纹层理；D. 砂岩底部印模

Fig. 3　Sedimentary characteristics of the Dahuangshan Formation in Yongchang, Gansu

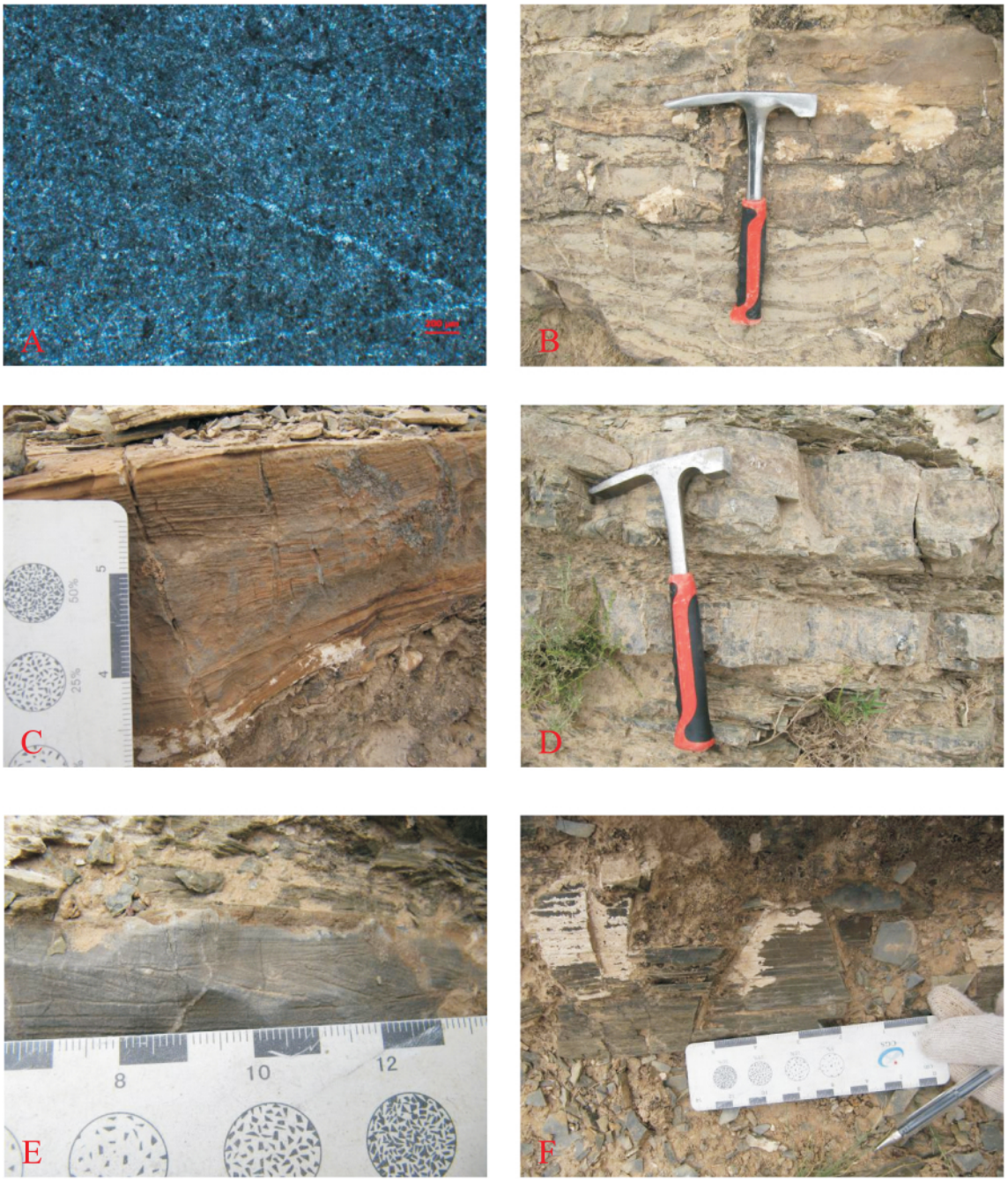

图 4 宁夏康拉碑香山群浅海陆棚相沉积特征

A. 香山群第一亚群微晶灰岩(正交偏光,×50),深水陆棚相; B. 第一亚群泥质条带灰岩,深水陆棚相; C. 第一亚群灰岩中水平层理,深水陆棚相; D. 香山群第二亚群砂岩与板岩的韵律层,深水陆棚相; E. 第二亚群砂岩中小型交错层理,浅水陆棚相; F. 第二亚群砂质板岩发育平行层理,浅水陆棚相

Fig. 4 Sedimentary characteristics of the neritic shelf deposits in the Xiangshan Group, Kanglabei, Ningxia

地区地层出露较少,厚度仅 200m 左右,主要岩性为灰黑色、黑色中薄层硅质岩夹少量千枚岩及泥晶灰岩(图 5)。

3.3 盆地

深海相发育于大洋盆地,水深在 2000m 以下,平均深度 4000m[36]。该相带主要发育在玉石沟-野牛沟-清水沟蛇绿岩结合带,是北祁连洋盆扩展发展的沉积表现,西起吊达坂-朱龙关,经玉石沟-川刺沟,东至大阪山一带,主要为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河红混杂岩等深海盆地沉积特征。

4 古地理研究与编图

4.1 编图思路

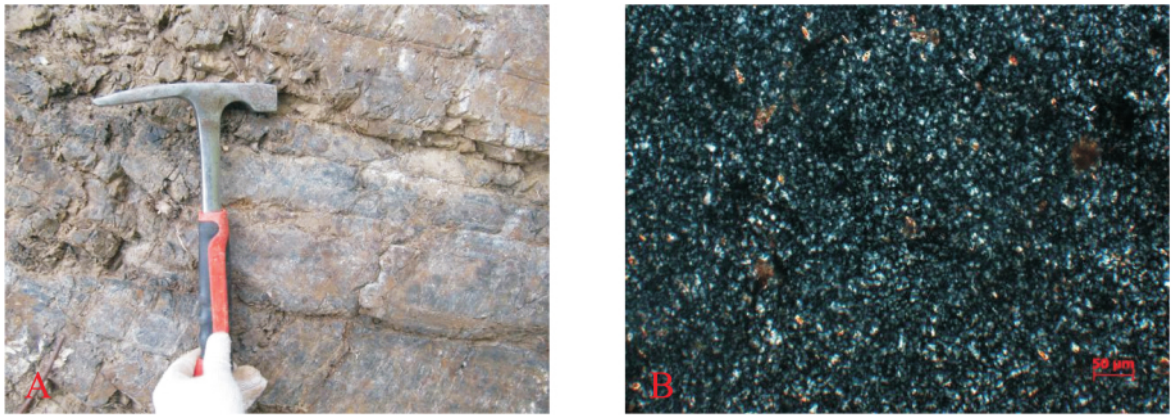

图 5　昌马白泉河红沟黑茨沟组半深海相沉积特征

A. 灰黑色条带状硅质岩; B. 硅质岩镜下特征(正交偏光, ×200)

Fig. 5　Sedimentary characteristics of the bathyal deposits in the Heicigou Formation in the Baiquan River area, Gansu

北祁连地区为秦祁昆造山带中地质构造条件较为复杂的地区,岩相古地理研究与编图争议一直存在。本文在"构造控盆、盆控相、相控油气基本地质条件"的编图思路基础上[8,9],利用造山带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[10]尝试对北祁连造山带的古地理环境进行恢复研究。前文分析了研究区内的构造演化及其控制下的原型沉积盆地类型以及它们之间的空间配置关系,研究区包含北祁连洋盆、走廊被动大陆盆地,盆地之间是连续的空间配置关系,故本文自然采取瓦尔特相律对研究区沉积相及古地理进行恢复与重建。

4.2　古地理演化特征

中寒武世时期,北祁连洋盆继承了早寒武世以来扩张演化历史,受洋盆扩张影响,研究区总体处于浅海-半深海海域环境(图 6)。走廊地区由于北祁连洋盆的扩张发育比较稳定的被动大陆边缘盆地,其上发育浅海陆棚-半深海古地理单元。走廊西部,昌马-肃南一带发育半深海相,其沉积物主要为黑色泥质板岩、薄层硅质岩、含锰硅质岩、硅质板岩夹少量千枚岩等。向东水体变浅,表现为永昌-武威-中卫-永登发育浅海陆棚相,其中包括永昌-武威浅海陆棚碎屑岩相、天祝-永登以东浅海陆棚火山岩碎屑岩相以及宁夏中卫地区浅海陆棚碎屑岩-碳酸盐相。北祁连洋盆受扩张构造背景的控制,进一步加宽,经洋盆俯冲消亡最终残留在玉石沟-野牛沟-清水沟蛇绿岩结合带内,西起吊达坂-朱龙关,经玉石沟-川刺沟,东至大阪山一带,主要岩性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。整体上,受北祁连洋盆的扩张影响,研究区的古地理演化区域上从西南往东北,沉积环境水体具有由深变浅的特征,沉积相带如图 6 所示是连续展布的,是符合瓦尔特相律的,古地理单元之间是连续展布的(图 7)。需要指出的是,从沉积—盆地—构造响应角度出发,通过野外及室内分析所得出的沉积相及古地理的展布与前期构造背景及沉积盆地类型之间是响应一致的,在走廊被动大陆边缘盆地主要发育一套浅海陆棚-半深海相沉积环境,而结合带所代表的北祁连洋盆则发育一套硅质岩为代表的深海沉积环境。这从另一侧面证明了本文的编图思路及方法是能够在造山带的岩相古地理编图与研究中得以实践的。

5　结论

(1) 在前人研究的基础上,分析了北祁连地区中寒武世的沉积构造格架、沉积盆地类型及其空间配置关系,并结合研究区中寒武世沉积地层的岩性特征、沉积构造,划分出深海相、半深海相、浅海陆棚相。

(2) 从沉积-构造响应角度出发,在"现今纬度上"针对北祁连造山带地区中寒武世岩相古地理采用"空间配置连续-遵循瓦尔特相律,空间配置不连续-不遵循瓦尔特相律"的方法恢复与重建了研究区

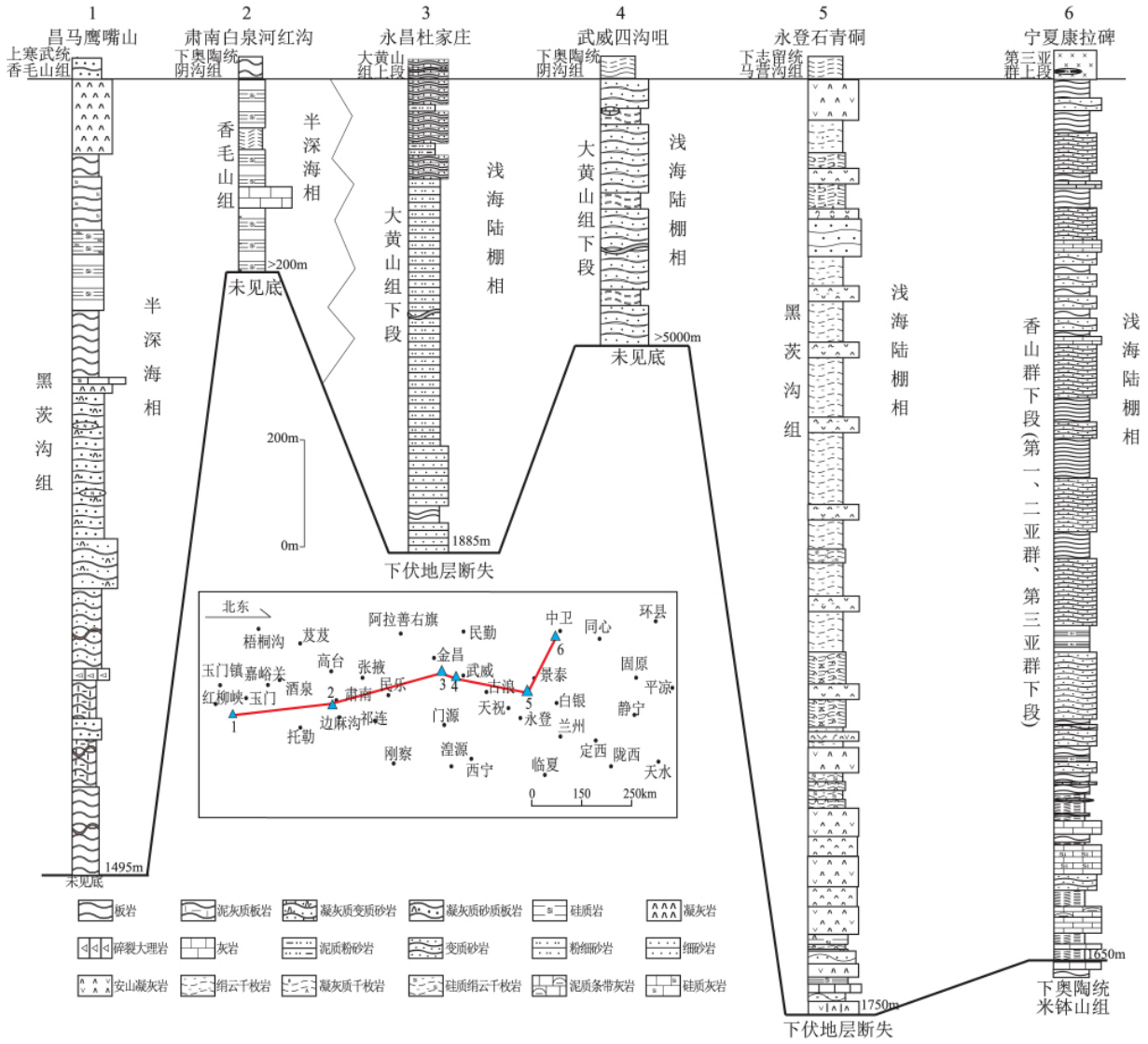

图 6 北祁连中寒武世沉积相对比

Fig. 6 Correlation of the Middle Cambrian sedimentary facies in northern Qilian area

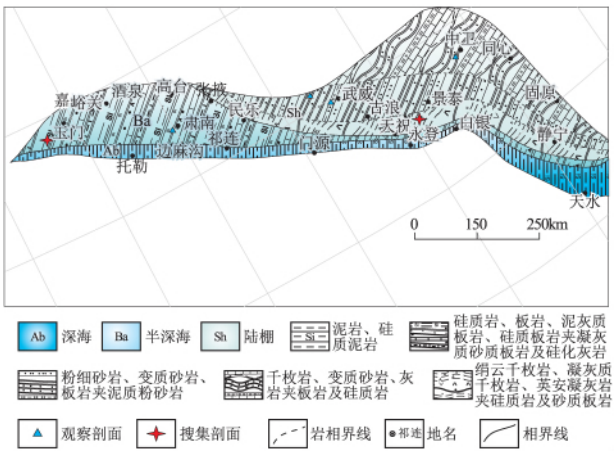

图 7 北祁连中寒武世岩相古地理图

Fig. 7 Sedimentary facies and palaeogeographic map of northern Qilian area during the Middle Cambrian

的古地理面貌，并编制了相应的古地理图。这是对造山带岩相古地理研究与编图思路的一种实践。

(3) 本文利用造山带岩相古地理编图思路对研究区中寒武世古地理进行了初步尝试。由于研究区范围资料有限，因而在编图思路的诠释及图件精度上尚需在以后的研究工作中进一步改进和完善。

参考文献:

[1] 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.

[2] 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.

[3] 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.

[4] 王鸿祯，杨森楠，刘本培. 中国古地理图集 [M]. 北京：地质出版社，1985.

[5] 冯增昭,彭勇民,金振奎,等. 中国西北地区寒武纪和奥陶纪岩相古地理[M]. 东营: 石油大学出版社,2000.
[6] 冯增昭,张家强,金振奎,等. 中国西北地区寒武纪岩相古地理[J]. 古地理学报, 2000,2(2):1-10.
[7] 冯增昭,彭勇民,金振奎,等. 中国中寒武世岩相古地理[J]. 古地理学报,2002,4(2):1-11.
[8] 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.
[9] 牟传龙,周恳恳,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):526-53.
[10] 牟传龙,王启宇,王秀平,等. 造山带岩相古地理研究与实践-以甘肃省奥陶纪为例[J]. 沉积学报, 2015,34(1):1-14.
[11] 潘桂棠,王立全,张万平,等. 青藏高原及邻区大地构造图集说明书[M]. 北京: 地质出版社, 2013. 33-39.
[12] 左国朝,吴茂炳,毛景文,等. 北祁连西段早古生代构造演化史[J]. 甘肃地质学报,1999,8(1):6-13.
[13] 由伟丰,张海清,校培喜,等. 北祁连山—阿拉善地区寒武纪构造—岩相古地理[J]. 地球科学进展,2011,26(10):1092-1100.
[14] 周志毅,林焕令. 西北地区地层、古地理和板块构造[M]. 南京: 南京大学出版社, 1995.
[15] 葛肖红,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.
[16] 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,1992, 13(2):61-73.
[17] 冯益民,何世平. 祁连山及其邻区大地构造基本特征—兼论早古生代海相火山岩的成因环境[J]. 西北地质科学, 1995, 16(1):92-103.
[18] 马丽芳,丁孝忠,剧远景,等. 中国地质图集[M]. 北京: 中国地质科学院地质研究所,2003. 325-340.
[19] 潘桂棠,李兴振,王立全,等. 2006. 青藏高原及邻区大地构造单元初步划分[J]. 地质通报,21(11):701-707.
[20] 夏林圻,夏祖春,徐学义. 祁连海相火山岩岩石成因[M]. 北京: 地质出版社,1996.
[21] 冯益民,何世平. 祁连山大地构造与造山作用[M]. 北京: 地质出版社,1996.
[22] 张建新,许志琴,陈文,等. 北祁连中段俯冲-增生杂岩/火山弧的时代探讨[J]. 岩石矿物学杂志,1997,16(2):112-119.
[23] 张旗,王焰,钱青. 北祁连早古生代洋盆是裂陷槽还是大洋—与葛肖虹讨论[J]. 地质科学,2000,35(1):121-128.
[24] 张旗,周国庆. 中国蛇绿岩[M]. 北京: 科学出版社,2001.
[25] 史仁灯,杨经绥,吴才来. 北祁连玉石沟蛇绿岩形成于晚震旦世的 SHRIMP 年龄证据[J]. 地质学报,2004,78(5):649-657.
[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, 1989.
[27] 甘肃省地质矿产局. 甘肃省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997.
[28] 张二朋,顾其昌,郑文林. 西北区区域地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社,1998.
[29] 余伯达. 甘肃的寒武系[J]. 甘肃地质学报, 1994,(增刊):1-53.
[30] 项礼文,南润善,郭振明. 中国的寒武系[M]. 北京: 地质出版社,1981.
[31] 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.
[32] 周志强,校培喜. 对香山群时代的商榷[J]. 西北地质,2010, 43(1):54-59.
[33] 徐黎明,周立发,张义楷,等. 香山群沉积岩浆记录及其反映的大地构造环境[J]. 西北大学学报,2006,36(3):442-448.
[34] 邓昆,周立发,胡朋,等. 香山群辉绿岩地球化学特征及其构造背景[J]. 大地构造与成矿学,2007,31(3):365-371.
[35] 邓昆,周立发,曹欣,等. 香山群狼嘴子组硅质岩地球化学特征及形成环境[J]. 中国地质,2007,34(3):497-505.
[36] 姜在兴. 沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社,2003.

Sedimentary facies and palaeogeography of northern Qilian area during the Middle Cambrian

TAN Zhi-yuan[1], MOU Chuan-long[2], WANG Qi-yu[1,2], CHEN Xiao-wei[2], GE Xiang-ying[2], HOU Qian[1]

(1. *Shandong University of Science and Technology*, *Qingdao* 266590, *Shandong*, *China*; 2. *Chengdu Center*, *China Geological Survey*, *Chengdu* 610081, *Sichuan*, *China*)

Abstract: The sedimentary facies and palaeogeographic analysis in the present paper is based on the field and laboratory examination guided by the thoughts of "tectonic-controlled basin and basin-controlled facies" in integration with lithology, textures and structures, and fossil assemblages. Three sedimentary facies are discriminated including neritic shelf, bathyal and abyssal-oceanic basin facies, followed by the reconstruction of the sedimentary facies and palaeogeographic map of northern Qilian area during the Middle Cambrian. The results of research in this study may provide a helpful approach to the sedimentary facies and palaeogeographic analysis for the orogenic zones.

Key words: northern Qilian area; Middle Cambrian; Walther's law; sedimentary facies and palaeogeography