DOI:10.19826/j. cnki. 1009-3850. 2020. 07004

北祁连造山带志留纪岩相古地理研究

牟传龙^{1,2,3}、侯 乾^{1,2,3}、郑斌嵩^{1,3}、葛祥英^{1,3}、昝博文¹

(1. 中国地质调查局成都地质调查中心,四川 成都 610081; 2. 山东科技大学,山东 青岛
 266590; 3. 自然资源部沉积盆地与油气资源重点实验室,四川 成都 610081)

摘要:奥陶纪—泥盆纪时期,受加里东构造活动的影响,北祁连洋盆经历了俯冲消亡至造山的复杂转换。其中,志留 纪是记录了盆山转换的重要大地构造过渡阶段,然而北祁连造山带在该时期的盆地性质—直存在争议。本文对北 祁连地区志留系沉积地层开展了详细的野外地质调查及室内测试分析,通过岩性、沉积构造和古生物化石组合等方 面的研究,共识别出潮坪相、浅海陆棚相及半深海相三种沉积相类型。此外,基于前人的研究成果和本研究的新资 料,编制了全新的北祁连地区志留纪沉积构造格架、沉积盆地类型及空间配置关系图。在此基础上,通过区域地层 对比,以及岩相古地理编图研究,重建了北祁连造山带志留纪沉积盆地充填序列,并采用造山带岩相古地理编图方 法编制了全新的研究区志留纪岩相古地理图。

关 键 词:北祁连造山带;志留纪;造山带岩相古地理 中图分类号:P531 文献标识码:A

引言

北祁连造山带属于中国中央造山带的一部分. 夹于华北阿拉善地块与中祁连地块之间。半个世 纪来,关于北祁连地区早古生代造山带的古构造体 制、基底构造属性、古生代洋盆性质及洋壳俯冲极 性、造山过程中的变质变形作用及大地构造演化等 多个方面取得了较多的成果[1-2],而关于北祁连志 留纪的沉积盆地性质上的争议仍然较多。杜远生 等通过对北祁连沉积序列的研究认为北祁连地区 在志留纪为典型弧后盆地逐渐向前陆盆地的演化 时期^[34]。而王荃等通过对北祁连地区火山岩及高 压变质带的研究认为北祁连在志留纪盆地性质为 弧前盆地^[5]。肖文交等认为北祁连在早古生代的 构造背景为多岛洋环境^[6]。闫臻、侯乾和袁伟^[7-10] 对志留纪沉积盆地古地理环境和岩石物源区构造 背景进行分析,得出志留纪碎屑沉积源区来自岛 弧,推测北祁连盆地性质为弧前盆地。左国朝^[11-12] 认为北祁连在早古生代为裂谷盆地,后来逐渐演化 成了微洋盆,并且这个洋盆经历了多次不同极性的

俯冲,最终于志留纪在肃南—冷龙岭—双龙—线发 生了大规模不规则边缘碰撞,直到泥盆纪大量磨拉 石的出现标志着北祁连洋盆的最终消亡。魏春 海[13] 通过研究北祁连地区的大地构造特征,认为北 祁连在泥盆纪由于经历了祁连运动而形成了北 西---南东向的大型拗褶带,认为此时的原型盆地性 质为裂谷盆地。宋述光[14-15] 通过对北祁连地区的 高压变质岩带的研究,推断北祁连在志留纪的沉积 为弧后残余海盆。上述研究对象主要聚焦于造山 过程的直接产物,而与原型沉积盆地对应的沉积相 及岩相古地理研究还比较薄弱,究其主要原因为北 祁连地区地处造山带,岩相古地理恢复具有较大难 度,并且没有好的方法可遵循。鉴于此,笔者以大 量野外地质调查及室内测试分析的工作为基础,根 据"构造控盆、盆地控相"的思路,采用优势相编图 方法,对北祁连造山带志留纪岩相古地理进行了重 建,并讨论了与之对应的沉积盆地性质。

1 地质背景

祁连山位于青藏高原东北缘,大地构造位置属

收稿日期: 2020-03-12; 改回日期: 2020-04-27

作者简介: 牟传龙(1965 -)男,研究员,博士生导师。主要从事沉积地质与油气地质研究。E-mail:cdmchuanlong@ 163.com

资助项目: 国家自然科学基金(编号:NO.41772113)资助

于秦祁昆造山带,构造格局具有"两块一带"的特征,即中祁连地块、华北地块和北祁连造山带。其中北祁连造山带是中祁连地块和华北板块西部阿拉善地块于加里东期碰撞形成的典型的造山带。北祁连造山带沟 - 弧 - 盆体系总体上呈北西—南东向延伸,南北宽约 80 ~ 120km。研究区北面以龙首山断裂为界与华北地块相邻,南部以中央断裂带(玉石沟—野牛沟—清水沟结合带)为界与中祁连地块分割,西北端被阿尔金断裂截切,与塔里木地块相隔,东端以同心 - 固原断裂为界,与西秦岭相连,整体位于秦祁昆造山带中段,是中国造山带研

究的重要区域之一(图1)^[16-20]。祁连造山带受加 里东运动的影响,阿拉善地块、中祁连地块和柴达 木地块俯冲碰撞形成了冲断褶皱造山带。由于后 期的印支运动、燕山运动和喜山运动都波及到了本 区,使得其构造变得更加复杂化。研究区地理位置 主要位于甘肃省境内,属于秦祁昆地层区,包括北 祁连山分区和中祁连山分区,区内以北祁连山分区 为主,包括早元古代结晶基底、晚元古代浅变质过 渡基底和晚古生代沉积盖层,北祁连地区主要出露 古生界寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系。





2 志留纪地层划分对比

造山带构造复杂,不同构造单元和同一构造单 元内的不同盆地地层出露差异较大,研究区内志留 纪地层划分对比^[21-23]遵循对地质体的划分做到尽 可能客观、准确的原则。北祁连地区志留纪地层出 露齐全,但较为零星且存在差异,一定程度上反映 了北祁连造山带构造的复杂性。北祁连地区志留 系三统齐全(表1),为典型的活动性沉积。整体上, 志留纪地层自下而上反映完整的海退沉积过程。 火山岩常见于志留系下统的下部,而中、上统不多 见。古生物方面,下志留统地层常见笔石,中志留 统可见大量珊瑚,而上志留统生物化石稀少。

前人把北祁连志留系地层分成了两个小区,即

西部肃南—玉门小区和东部靖远—景泰小区(表 1)。西部玉门地区肮脏沟组分为下、中、上三个岩 段,下岩段以含砾凝灰岩、凝灰质砂岩为主,底部因 断层而未出露;中岩段以中粗粒砂岩与砂质板岩为 主,底部以一层灰绿色厚层中粒砂岩与下岩段分 界;上岩段以砂质板岩为主,夹砂岩,上部钙质增 多,底部为紫红色中粒长石石英砂岩与中段分层, 上岩段总体上粒度变细。泉脑沟组则出现了大量 的碳酸盐沉积,生物群以介壳类为特征,其下段以 灰绿色砂页岩夹灰岩为特征,在底部砂质灰岩内产 腕足类,上部岩层以紫红色、黄褐色、灰绿色等杂色 页岩夹灰岩为特征。旱峡组为一套巨厚层的红色 粗碎屑岩。东部永登地区马营沟组主要岩性为变 石英长石砂岩、变长石砂岩、千枚岩,其次为凝灰质 粉砂岩、千枚状粉砂岩、千枚状板岩、板岩,在毛毛山和老虎山出现了少量的变玄武岩、变安山岩、变 安山凝灰岩及其它变质中基性火山岩。总结起来 本区岩性以碎屑岩为主,厚度较大,下部多夹中基 性火山岩,岩石经过浅变质作用,常见韵律组合,韵 律自下向上由砂岩到粉砂岩再到千枚岩;而东部地 区并未见到泉脑沟组、旱峡组沉积,可能是因为后 期造山运动使其被剥蚀掉。



年代地层		在畅	北祁连地区						
		→ ⁴ 段 数据	西部小区			东部小区			
系	统	(Ma)	玉门	肃南	酒泉	武威	天祝	永登	
泥盆系	下统	416. 2	老君山群	老君山群	老君山群	老君山群	老君山群	老君山群	
志留系	下统	407.4))) 旱峡组	旱峡组	旱峡组				
	中统	427.4	泉脑沟组	泉脑沟组	泉脑沟组				
	下统	433. 4	肮脏沟组	肮脏沟组	肮脏沟组	马营沟组	马营沟组/ 南泥沟组	马营沟组	
奥陶系	上统	443.7	加门子组	扣门子组	扣门子组	斜壕组	中堡群	中堡群	



图 2 北祁连地区上志留统旱峡组潮坪相沉积特征

A. 粉砂岩,肃南老虎沟,正交光;B. 石英砂岩,肃南老虎沟,正交光;C. 岩屑砂岩,酒泉松达班,正交光;D. 岩屑砂岩,肃南老虎沟,正交光;E. 浪成波痕,玉门鱼儿红;F. 紫红色中层状细砂岩,肃南老虎沟

Fig. 2 Sedimentary features of tidal flat facies of the Hanxia Formation in the North Qilian Belt

3 沉积相类型及特征

研究区志留系地层发育较完整,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 出潮坪相、浅海陆棚相、半深海相三种沉积相,其特 征详述如下。

3.1 潮坪相

潮坪相主要发育在波浪作用较弱的中—大潮 差海岸,是宽广近似水平的,具有明显潮汐周期作 用的海岸坪地,主要受潮汐影响^[24]。研究区西部玉 门、肃南旱峡组主要为潮坪相沉积。主要发育一套 红色岩层,以粉—细砂岩为主(图2A),粗碎屑沉积 基本不发育,偶见碳酸盐岩夹层。砂岩的显微镜下 特征为细粒—粉砂结构,孔隙式胶结,磨圆次棱 角—次圆状,分选差到中等,碎屑成分以石英为主 (图2B),可见长石,岩屑以基性火山岩和花岗岩岩 屑为主(图 2C,D),含量约 30%。砂岩中发育波痕 (图 2E)、平行层理和沙纹层理,总体显示浅水且近 源快速堆积的特征。从研究区整体上来看,东部地 区旱峡组地层不发育,西部地区以细粒陆源碎屑沉 积为主(图 2F),而且夹有泥灰岩透镜体以及灰岩夹 层,在灰岩夹层中可见腹足类、珊瑚等化石。上述 证据表明,晚志留世北祁连地区气候炎热干旱且构 造活动强烈,在强氧化环境下,形成了一套红色碎 屑岩潮坪相沉积(图 3)。

地层	景系	统	分	厚	바바파프	沉积	子 邢 山 松 壮 子	V국 주미 수 미
系	统	组	层	<u></u> (m)	岩性剖	构造	土安石性抽处	10 L 175 TE
士心包	上统	旱峡组	17	140		波痕 平行层理 砂纹层理	红色细砂岩 红色粉砂岩	
留系			15 14	70 70		波痕 平行层理	灰绿色砂质板岩夹灰岩	潮 坪 相
	中统	泉脑沟	13	80		砂纹层理	粉砂质板岩与细砂岩互层	
		组	12	60		砂纹层理	粉砂质板岩与灰岩互层	

图 3 肃南潮坪相沉积柱状剖面图 Fig. 3 Tidal flat facies ´position of columnar section in Sunan

3.2 浅海陆棚相

陆棚是指在正常浪基面之下,且向外海延伸至 与大陆斜坡相接的广阔的浅海沉积区。研究区内 浅海陆棚相主要分布在北祁连东部的古浪、天祝、 永登和景泰地区的马营沟组。其岩性主要为灰色、 灰绿色粉砂岩(图4A)和泥质粉砂岩(图4B),局部 夹灰岩、硅质岩扁豆体。局部地区受侵入岩的影 响,变质程度相对较深,多为板岩。其中砂岩经过 镜下鉴定主要为石英砂岩,石英可见波状消光,碎 屑颗粒分选中等,以次圆状为主。粉砂岩中沉积构 造以水平层理为主(图4C,D,E),表明其形成于较 低能的浅水陆棚相(图5),区域上该套地层相变不 大,地层厚度变化也不大。

研究区内泉脑沟组也为浅海陆棚相沉积,主要发育在玉门、肃南、酒泉和祁连地区,岩性以灰黑

色、灰绿色粉砂岩为主,水平层理发育(图4F)。其 中西部的玉门、肃南地区岩性以粉砂岩为主,岩层 厚度较大且岩性稳定,岩层中可见硅泥质条纹;向 东酒泉、祁连地区砂岩粒度变粗,下部可见碳酸盐 类沉积发育,岩层厚度较薄且含有砂泥质。下部泥 灰岩中可见腕足类、珊瑚化石。综上所述,中志留 世,北祁连地区为炎热而潮湿的气候,总体处于浅 海水体相对较安静的环境,形成了陆源碎屑陆棚 沉积。

3.3 半深海相

半深海的位置分布在浅海陆棚相的边缘斜坡 地带,是由浅海环境逐渐向深海环境过渡的区域。 研究区内半深海相主要发育在北祁连西缘玉门、祁 连和肃南地区的肮脏沟组。岩性由深灰色粉砂泥 质板岩(图6A)、厚层砾岩(图6B)及黄褐色岩屑杂



图 4 北祁连地区中下志留统浅海陆棚相沉积特征

A. 粉砂岩, 永登石灰沟, 正交光; B. 泥质粉砂岩, 天祝大庄子, 单偏光; C. 水平层理, 天祝大庄子; D. 水平层理, 永登石灰沟; E. 水平层理, 武威斜豪; F. 水平层理, 肃南老虎沟

Fig. 4 Sedimentary features of shelf facies of the Early-Middle Silurian in North Qilian Belt

							1	1
地层	医系统		统分		나나 사내 국내 구구	沉积		상국 ギロ 부미
系	统	组	层	皮 (m)	一 君性剖面	构造	土安石性描述	沉炽相
志留系					u u	水平层理		
	泉脑沟组	泉 9 脑 均 组	9 100		水平层理	下部发育泥质粉砂岩与 粉砂岩韵律互层,向上 主要发育泥质粉砂岩偶 夹粉砂岩。	浅海陆棚相	
					水平层理			
			8	50				



Fig. 5 Shelf facies' position of columnar section in Wuwei

砂岩(图6C,D)所组成。岩性单调,区内岩层横向 变化不显著。岩石分选和磨圆均较差,斜长石普遍 绢云母化。剖面中发育的厚层砾岩,砾石成分较为 复杂,含硅质岩、变质砂岩、石英岩及少量的花岗 岩,砾石磨圆较差,分选中等—较差,属于鲍马序列 底部单元(图6B,E,F),为深水重力流沉积的产物。 总体上,缺乏浅水特征的原地细粒沉积物、重力流 沉积物的广泛发育指示肮脏沟组沉积于半深海环 境(图7)。

(3)



图 6 北祁连地区下志留统半深海相沉积特征

A. 板岩,永登石灰沟; B. 砾岩,肃南老虎沟; C. 岩屑杂砂岩,酒泉松达班,正交光; D. 岩屑杂砂岩,肃南老虎沟,正交光; E. 鲍马序列 AB 段,酒 泉松达班沟; F. 岩屑杂砂岩,肃南老虎沟,正交光

Fig. 6 Sedimentary features of bathyal facies of the Early Silurian in North Qilian Belt

地层系统		分	厚		沉积	之	्रेज्य मान मान	
系	统	组	层	<u></u> (m)	宕性剖面	构造	王要宕性描述	沉积相
志留系.		肮脏沟组	7	50	0 0 0 0 0 0 0 0 0		灰绿色砾岩	 兴
			6	20	• • • •		灰绿色岩屑杂砂岩	
			5	50	0 0 0 0 0 0 0 0 0		灰绿色砾岩	
	下统		4	20	• • • •		灰绿色岩屑杂砂岩	洑
			3	80		鲍玛序列AB段 鲍玛序列AB段	灰绿色砾岩	海 相
			2	20			灰绿色板岩	



Fig. 7 Bathyal facies ${\rm `position}$ of columnar section in Jiuquan

北祁连地区南泥沟组只在古浪县南泥沟、天祝 县华龙沟一带出露,为一套火山岩及火山碎屑岩, 在岩性上与马营沟组有显著的差异。南泥沟组上 部主要为安山集块岩、安山玢岩和安山玄武岩,下 部则以黑色板岩为主,为一套颜色较深的碎屑岩及 海相火山岩。板岩中富含笔石化石,常见黄铁矿结 核及炭质结核,属还原环境下的沉积产物。上述特 征指示南泥沟组属半深海火山喷发相的产物。

4 北祁连古地理研究与编图

4.1 编图思路

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、盆地控相"的思路基础 上^[27-28].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映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"的方法尝试对北祁 连造山带的岩相古地理格局进行恢复^[29-30]。在造 山带古地理研究的过程中,优势相依然是恢复古地 理单元和沉积相分析的重要原则,沉积盆地属性与 沉积相之间的匹配关系则成为了这一过程中的重 点,其中恢复沉积相及古地理的前提和基础是编图 单元内的构造演化及在其控制下的原型盆地类型 的恢复及它们之间的空间配置关系的分析研究。 在这种前提和基础之下,一定程度上避免了沉积盆 地属性与优势相原则下沉积相研究不匹配、自相 矛盾。

4.2 盆地性质的讨论

前人对北祁连地区志留纪沉积盆地属性及控 盆大地构造进行了很多研究,有以下几种观点:首 先,杜远生等认为北祁连造山带志留纪沉积相的变 化是受加里东造山运动影响,是北祁连地区造山的 纵向不均一性和斜向不规则性的反映,北祁连在奥 陶纪发育具有弧后盆地性质的火山岩,志留纪早期 发育复理石沉积,晚期发育海相磨拉石沉积,是典 型的由弧后盆地逐渐向前陆盆地转化的连续沉积 序列^[3,31]。杜远生根据区域古地理研究分析认为, 北祁连地区志留纪的各个古地理单元的发育主要 是受祁连山地区加里东期——早海西期斜向点式不 规则造山作用的控制,在早志留世时期,鹿角沟组 的砾岩标志着陆-陆碰撞最早发生时间,晚志留世 北祁连东段剧烈造山,主要造山阶段为旱峡组发育 期,使得中祁连地块与阿拉善古陆拼接在一起,而 前陆盆地限于北祁连西段地区。其次,宋述光 等[14-15] 通过对北祁连地区和邻区的高压变质带的 研究认为,志留纪时期北祁连地区记录了从早期的 弧后残余盆地向晚期的同造山磨拉石盆地转化的 过程,主要发育残余海盆复理石沉积,此阶段没有 发生大规模的造山运动和岩浆活动,处于相对平静

期。最后,肖文交、闫臻^[6-7]通过对北祁连地区志留 纪沉积物源进行分析认为志留纪北祁连具有弧前 盆地的性质,此阶段的碎屑岩源区构造背景为残余 岛弧和大陆边缘弧,根据古水流方向和祁连山古生 代古地理演化研究得出其源区主要位于北祁连的 西南侧,进一步说明北祁连的南侧可能存在残余岛 弧或大陆边缘弧,而且他们认为其中的残余岛弧应 该是俯冲增生杂岩体的重要组成部分,而大陆边缘 弧则可能为由于俯冲作用而叠加在增生杂岩之上 的岩浆弧。他们还通过对早泥盆世沉积中的碎屑 组成的研究得出该套陆相沉积中岩石类型以岩屑 杂砂岩为主,并且岩屑主要以火山岩岩屑为主:通 过砂岩的重矿物分析研究认为,研究区早--中泥盆 世砂岩中的重矿物组合应来源于火山岩和花岗岩, 也有可能来自沉积岩和变质岩;碎屑岩的地球化学 特征也表明其源区主要来自活动大陆边缘和大陆 边缘弧。

通过以上各种观点可知,北祁连地区在晚志留 世一早泥盆世期间处于一个区域性的俯冲汇聚的 构造背景下,这一点得到了学者的广泛认可。但一 直以来,对于北祁连加里东期的造山过程及其构造 演化的认识尚有争论。本人前期通过对志留纪碎 屑岩研究^[89],认为该套海相沉积以岩屑杂砂岩为 主,含有丰富的火山岩碎屑,并根据一系列地球化 学方法对研究区物源进行分析,得出其物源主要来 自大陆边缘弧,盆地性质为弧前盆地。

通过沉积学研究,结合前人对北祁连地区的研究成果,本文认为在早古生代,北祁连岛弧是一个 大洋岛弧,它是由华北板块与中祁连板块俯冲造成 的^[11-12];根据紧挨着北祁连岛弧一系列混杂堆积的 晚奧陶世—早志留世的蛇绿岩和高压变质 岩^[14-15,32-33]可知,到了晚奥陶世—早志留世,由于华 北板块和中祁连板块之间的进一步俯冲形成了一 系列的构造变形,如逆断层、褶皱和局部隆起。而 到了晚志留世时期,大洋岛弧发生跃迁,在中祁连 地区形成大陆岛弧^[6,8-9],在北祁连地区则形成弧前 盆地(图8)。

4.3 古地理演化特征

早一中志留世,北祁连洋继承了晚奥陶世以来 俯冲汇聚的演化历史,受洋盆汇聚的影响,研究区 总体上都为较单一的浅海 - 半深海海域环境(图 9)。由于北祁连洋洋盆向南俯冲^[5],北祁连地区主 要发育大陆斜坡和浅海相古地理单元。在靠近远洋



图 8 北祁连志留纪构造格架、沉积盆地类型及空间配置关系图

Fig. 8 The map showing the Silurian tectonic framework, sedimentary basin types and their spatial relationship in the North Qilian area



图 9 北祁连地区志留纪沉积相对比图

Fig. 9 The correlation of Silurian sedimentary facies in the North Qilian area

地区的北祁连西部,即玉门—肃南—酒泉一带发育 大陆斜坡相,其沉积物主要为灰黑色板岩、硅质板 岩,还可见大套斜坡扇沉积。向东部水体整体变 浅,武威—古浪—景泰地区已过渡为岩性以细碎屑 岩为主的浅海环境;下部岩性主要为灰绿色安山玢 岩夹黑色千枚岩、板岩,具枕状构造,局部见灰岩夹 层,上部地层具复理石建造特征,尤以天祝马营 沟—黑茨沟一带更为明显,韵律清楚,主要发育三 种下粗上细的韵律:杂砂岩 - 板岩、杂砂岩 - 粉砂 岩 - 板岩、砂岩 - 板岩,同时每一韵律顶面具冲刷 面,底面具印模。区域上马营沟组的地层相变不 大,地层厚度变化也不大,从天祝到景泰都为海相 沉积中的复理石建造,属浅海相。因此,早—中志 留世,北祁连地区自西向东依次发育大陆斜坡相、 浅海陆棚相,从半深海洋盆环境逐渐向浅海陆棚环 境过渡(图10)。





晚志留世时期,海平面逐渐下降,北祁连西部 地区玉门—肃南一带由浅海环境演变为潮坪环境 (图11),主要发育一套红色岩层,以粉—细砂岩为 主,粗碎屑沉积基本不发育,偶见碳酸盐岩夹层。 砂岩中可见波痕、平行层理及粒度韵律层理。在北 祁连的东部地区,由于后期的造山作用,并未发现 上志留统地层。从西部地区来看,整体上东侧的沉 积物粒度较粗,而西侧有变细趋势,并且夹有泥灰 岩透镜体以及灰岩夹层,产腹足类、珊瑚等化石,仍 然显示自东向西逐渐变深的古地理特征。

从"构造控盆-盆地控相"的角度出发,古地理 展布与构造背景及沉积盆地性质之间的配置必须 是一致的。因此,志留纪北祁连洋继承了晚奥陶世 以来俯冲汇聚的演化历史,受增生造山作用的影 响,北祁连地区发生持续性的相对海平面下降。早 志留世时期,研究区古地理格局表现为较单一的浅 海—半深海海域环境;自北西向南东,沉积环境从 大陆斜坡—次深海环境逐渐向浅海陆棚环境过渡。 进入晚志留世时期,随着北祁连洋洋盆向南进一步 俯冲,水体发生显著变浅,北祁连西部的玉门—肃 南一带由浅海环境演变成为潮坪环境。

5 结论

(1)根据北祁连志留系地层的岩性特征、沉积构造特征、古生物特征以及盆地充填序列特征划分 出潮坪相、浅海陆棚相和半深海相。

(2)早—中志留世,北祁连洋继承了晚奥陶世 以来俯冲汇聚的演化历史,受北祁连洋洋盆向南俯 冲的控制,北祁连地区主要发育与岛弧相关的弧前 盆地,其上主要发育大陆斜坡和浅海相古地理单 元,相带沿南东—北西向展布,自东向西沉积环境 逐渐变深。晚志留世时期,随着北祁连洋洋盆向南







进一步俯冲,发生显著的相对海平面下降,北祁连 西部的玉门—肃南一带由浅海海域环境演变为潮 坪环境。

(3)本文通过利用在"现今维度上"对北祁连造 山带志留纪岩相古地理采用"同一板块、构造背景 下 - 遵循瓦尔特相律,不同板块、构造背景下 - 不 遵循瓦尔特相律原地忠实恢复"的方法对研究区岩 相古地理进行恢复,并编制了相应的古地理图。这 是对造山带岩相古地理编图思路与方法的进一步 实践。

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] 杜远生,朱杰,韩欣等. 从弧后盆地到前陆盆地 北祁连造山带奥陶纪—泥盆纪的沉积盆地与构造演化[J]. 地质通报, 2004,23(9-10):911-917.
- [4] Xu Y J, Du Y S, Peter A. Cawood. Detrital zircon record of continental collision: Assembly of the Qilian Orogen, China [J]. Sedimentary Geology, 2010,230: 35-45.
- [5] 王荃,刘雪亚. 我国西部祁连山地区的古海洋地壳及其大地构 造意义[J]. 地质科学,1976,1:42-55.
- [6] Xiao WJ, Brian FW, Yong Y, et al. Early Paleozoic to Devonian multiple-accretionary model for the Qilian Shan, NW China [J].

Journal of Asian Earth Science, 2009, 35(3-4): 1-333.

- [7] Yan Z, Xiao WJ, Windley BF, et al. Silurian clastic sediments in the North Qian Shan, NW China: chemical and isotopic constraints on their forearc provenance with implications for the Paleozoic evolution of the Tibetan Plateau [J]. Sedimentary Geology, 2010, 231: 98 - 114.
- [8] Hou Q, Mou CL, Wang QY, et al. Geochemistry of sandstones from the Silurian Hanxia Formation, North Qilian Belt, China: implication for provenance, weathering and tectonic setting [J]. Geochemistry International, 2018, 56: 362 - 77.
- [9] Hou Q, Mou CL, Han ZZ, et al. Petrography and geochemistry of the Lower Silurian sandstones from the Angzanggou Formation in the North Qilian Belt, China: implications for provenance, weathering and tectonic setting [J]. Geological Magazine, 2020, 157(3): 477-496.
- [10] Yuan W, Yang ZY. Late Devonian closure of the North Qilian Ocean: evidence from detrital zircon U – Pb geochronology and Hf isotopes in the eastern North Qilian Orogenic Belt [J]. Geology Review, 2015, 1: 1-17.
- [11] 左国朝,刘寄陈. 北祁连中段早古生代双向俯冲—碰撞造山 模式剖析[J]. 地球科学进展,1997,12(4):315-323.
- [12] 左国朝,李绍雄. 塔里木盆地东北缘早古生代构造格局及演化. 中国地质,2011,38(4):945-960.
- [13] 魏春海.中国祁连山地质构造的基本特征[J].地质学报, 1978,(2):95-105.
- [14] 宋述光.北祁连山俯冲杂岩带的构造演化[J].地球科学进展,1997,12(4):351-165.
- [15] 宋述光,张立,Niu Y.北祁连山榴辉岩锆石 SHRIMP 定年及其 构造意义[J].科学通报,2004,49(6):592-595.

- [16] 闫臻,肖交文,刘传周,等. 祁连山老君山砾岩的碎屑组成和 源区大地构造背景[J]. 地质通报,2006,25(Z1):83-98.
- [17] 黄虎,杜远生,杨江海,等.北祁连民乐二道沟中-下泥盆统 老君山组砂岩化学组分特征及其地质意义[J].地质评论, 2009,55(3):335-346.
- [18] 杜远生,张哲,周道华,等.北祁连 河西走廊志留纪和泥盆 纪古地理及其对同造山过程的沉积响应[J].古地理学报, 2002,4(4):1-8.
- [19] 徐亚军,杜远生,杨江海,等.北祁连造山带东段上奥陶统-下、中泥盆统砂岩碎屑组分与物源分析[J].地质科技情报, 2011,30(2):28-33.
- [20] Long XP, Sun M, Yuan C, et al. Early Paleozoic sedimentary record of the Chinese Altai: Implications for its tectonic evolution [J]. Sedimentary Geology, 2008, 208: 88 – 100.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 朱筱敏.沉积岩石学[M].北京:地质出版社,2007.

- [25] 中国科学院地质研究所,等. 祁连山地质志第一卷[M]. 北京:科学出版社,1960.
- [26] 中国科学院地质研究所等. 祁连山地质志第二卷[M]. 北京: 科学出版社,1963.
- [27] 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.
- [28] 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.
- [29] 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,2016,34(1):1-14.
- [30] 牟传龙,周恳恳,陈小炜,等.中国岩相古地理图集(埃迪卡拉 纪-志留纪)[M].北京:地质出版社,2016.
- [31] 黄虎,杜远生,杨江海,等.北祁连民乐二道沟中-下泥盆统 老君山组砂岩化学组分特征及其地质意义[J].地质评论, 2009,55(3):335-346.
- [32] 魏春海.中国祁连山地质构造的基本特征[J].地质学报, 1978,2(2):95-105.
- [33] 赵贵生. 祁连造山带特征及其构造演化[J]. 甘肃地质学报, 1996,5(1):16-27.
- [34] 玉瑞龄. 甘肃的志留系[J]. 甘肃地质, 1985, (0):1-116.

Sedimentary facies and palaeogeography of the Northern Qilian orogenic during the Silurian

Mou Chuan-long^{1,2,3}, Hou Qian^{1,2,3}, Zheng Bin-song^{1,3}, Ge Xiangying^{1,3}, Zan Bo-wen¹ (1. Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China; 2. Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, Shandong, China; 3. Key Laboratory of Sedimentary Basin and Oil and Gas Resources, Ministry of Natural Resource, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract: During the Ordovician-Silurian, the northern Qilian orogenic belt underwent a complex transition from subduction to orogeny which influenced by Caledonian tectonic activity. Its Silurian is an important tectonic transition stage of basin-mountain conversion, but the nature and tectonic setting of its Silurian deposition has been controversial. The palaeogeographic analysis in this paper is based on the field and laboratory examination in integration with lithology, textures and structures, and fossil assemblages. Three sedimentary facies, including tidal-flat facies, shallow shelf facies and bathyal facies are discriminated. In addition, based on the previous research and the new data of this study, the new relation map of Silurian sedimentary structure framework, sedimentary basin types and spatial configuration in North Qilian area is compiled. Furthermore, sedimentary basin filling sequence and paleogeographic evolution of the study area are restored on the basis of the regional stratigraphic correlation and lithofacies paleogeographic mapping.

Key words: Northern Qilian Orogenic; Silurian; sedimentary facies and palaeogeography of orogenic belts