

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

杜远生, 朱 杰, 韩 欣, 顾松竹

(中国地质大学, 湖北 武汉 430074)

摘要:北祁连加里东造山带是在新元古代Rodinia联合大陆(Pangea-850)基础上裂解, 经由寒武纪裂谷盆地、奥陶纪初期成熟洋盆、奥陶纪中晚期北祁连活动大陆边缘、志留纪—早、中泥盆世碰撞造山而形成的。奥陶纪中、晚期, 北祁连、走廊地区中、上奥陶统发育洋壳—岛弧—弧后火山岩, 形成典型的沟—弧—盆体系的沉积。志留纪—早、中泥盆世是北祁连—走廊沉积盆地的转换时期。除天祝、古浪、景泰及肃南等局部地区发育下志留统钙碱性系列火山岩以外, 全区志留系均以碎屑岩沉积为主。志留系底部多见一套砾岩层。下—中志留统为典型复理石相的浊流沉积。上志留统变为滨浅海相磨拉石沉积。早、中泥盆世雪山群为典型的陆相粗碎屑磨拉石沉积。从空间分布上看, 志留系—泥盆系在走廊—北祁连地区也有自北向南厚度加大、粒度变粗的特征, 古流以由南向北、来自造山带的古流为特征。北祁连—河西走廊奥陶纪弧后盆地火山岩—志留系复理石—海相磨拉石—中、下泥盆统陆相磨拉石的充填序列以及空间分布特点, 反映为典型的弧后盆地向前陆盆地转化的沉积序列。

关键词:北祁连造山带; 奥陶纪; 泥盆纪; 弧后盆地; 前陆盆地

中图分类号: P534.4; P512.2; P54

文献标识码: A

文章编号: 1671-2552(2004)09-10-0911-07

祁连造山带位于青藏高原东北缘, 华北板块与柴达木微板块之间, 是柴达木微板块与华北板块多旋回碰撞形成的复合造山带。近20多年来, 随着板块学说引进大陆造山带研究, 有关祁连造山带, 尤其是北祁连加里东造山带的物质组成、结构和构造演化研究已取得丰硕的成果^[1-20]。上述研究主要集中于对北祁连造山带蛇绿岩和火山岩、蓝片岩和高压变质带、混杂岩、变形和变质作用及其大地构造意义的研究。对沉积作用与构造演化的关系, 尤其是北祁连加里东造山带同造山过程的盆地演化, 是北祁连造山带研究比较薄弱的的一个方面。同造山盆地及同造山作用是当今造山带地质学的一个前沿问题, 它对造山带的形成、演化及盆—山作用过程研究均具有重要的理论意义。北祁连—河西走廊奥陶纪弧后盆地火山岩—志留系复理石—海相磨拉石—中下泥盆统陆相磨拉石的充填序列以及空间分布特点, 反映为典型的弧后盆地向前陆盆地转化的沉积序列。

1 区域地质背景

北祁连加里东造山带位于华北板块(阿拉善地块)南

缘龙首山与中祁连之间, 北界为龙首山断裂, 南缘与中祁连北缘断裂相接。东端为同心—固原右行走滑断裂, 西端为左行走滑的阿尔金断裂所截切。

根据冯益民、何世平^[1]、左国朝^[2]等的划分方案, 北祁连造山带自北向南可以划分为河西走廊弧后盆地、北祁连岛弧、俯冲杂岩和消减洋壳残片等不同的单元(图1), 并可归并为河西走廊弧后盆地和北祁连岛弧—海沟俯冲杂岩的北祁连构造—地层分区。

北祁连—河西走廊地区奥陶系—泥盆系分布广泛, 地层发育良好(表1)。其构造背景处于华北板块南缘与祁连古洋盆的过渡部位, 因此其地层属于祁连地层区北祁连分区^[21]。该分区东部靖远—景泰一带和西部肃南—玉门一带奥陶纪—泥盆纪地层存在一定差别, 可以分为肃南—玉门小区和靖远—景泰小区。1997年, 甘肃省地质矿产局^[21]对北祁连地层进行了清理, 删减、合并(如古浪组归入妖魔山组)了部分地层单位, 对部分地层单位的时代依据新资料进行了调整。现按该地层划分意见, 对北祁连奥陶系—泥盆系的特征予以简述。

北祁连地区的奥陶系分布广泛, 可分为下奥陶统阴沟

收稿日期: 2004-07-20; 修订日期: 2004-08-03

基金项目: 国家自然科学基金(No. 40372061)资助。

作者简介: 杜远生(1958-), 男, 教授, 博士生导师, 从事沉积地质学研究和教学。E-mail: dxzyz@cug.edu.cn

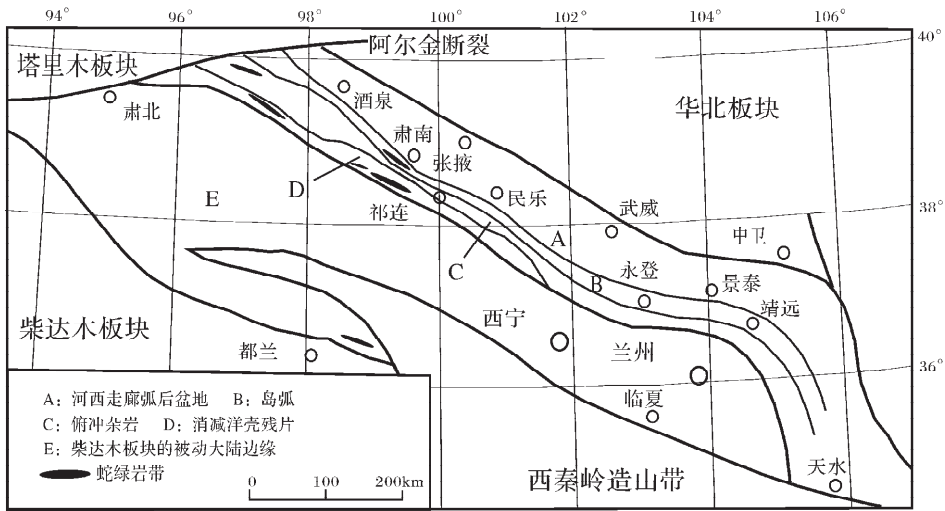


图1 北祁连造山带的构造格架(据参考文献[11]修改)

Fig.1 Tectonic framework of the North Qilian orogenic belt

表1 北祁连—河西走廊地区奥陶系—泥盆系地层划分简表

Table 1 Stratigraphy division of the Ordovician to Devonian in the North Qilian-Hexi Corridor area

地 层		靖远—景泰小区	肃南—玉门小区
泥盆系	上统	沙流水组	沙流水组
	中、下统	老君山组	老君山组
志留系	上统		旱峡组
	中统		泉脑沟山组 肮脏沟组
	下统	肮脏沟组	鹿角沟砾岩
奥陶系	上统	斜壕组	扣门子组 南石门子组
	中统	斯家沟组/妖魔山组 天祝组	妖魔山组
	中、下统	中堡群	中堡群
	下统	车轮沟群	阴沟群

群、车轮沟群,下、中奥陶统中堡群,中奥陶统斯家沟组、妖魔山组、天祝组,上奥陶统南石门子组、扣门子组和斜壕组(表1)。肃南—玉门小区下奥陶统阴沟组下部主要为细碎屑岩及薄层灰岩,中部为中基性、中酸性火山岩及火山碎屑岩,上部为火山碎屑岩、碎屑岩及灰岩。该组最大厚度3703 m。靖远—景泰小区车轮沟群下部以中酸性熔岩为主,上部为火山碎屑岩夹灰岩,厚度大于2249 m。北祁连中堡组以中基性和中酸性火山岩、火山碎屑岩为主,内夹硅质岩及灰岩。该组最大厚度3891 m。北祁连中奥陶统妖魔山组以巨厚层灰岩覆盖于中堡组之上,厚度80 m左右。肃南—玉门小区中奥陶统天

祝组主要为紫红色—灰绿色砂砾岩、砂岩、粉砂岩及页岩,底部局部见厚达百米的底砾岩,该组厚度229 m左右。中奥陶统斯家沟组以钙质页岩和瘤状灰岩交互为特征,厚度397 m左右。肃南—玉门小区上奥陶统南石门子组为硅质岩、泥质板岩、变粉砂岩、砂岩夹灰岩、泥灰岩,厚度70~969 m。上奥陶统扣门子组为安山质火山岩、火山凝灰岩,夹灰岩及碎屑岩,最大厚度2373 m。靖远—景泰小区斜壕组下部为细砂岩,向上为砂岩、页岩互层,局部顶部出现灰岩、角砾状灰岩,最大厚度323 m。

北祁连—河西走廊地区的志留系自下而上分为下统肮脏沟组和鹿角沟组,中统为泉脑沟山组,上统为旱峡组。肮脏沟组分布广泛,泉脑沟山组、旱峡组主要分布于西段玉门—肃南—民东一带。肮脏沟组下部为绿色、灰绿色泥岩和中厚层砂岩、砂砾岩;上部为灰绿色、蓝灰色厚层砂岩、粉砂岩、泥质岩互层。该组与下伏奥陶系扣门子组火山岩、灰岩、硅质岩整合接触。在肃南—玉门小区,下志留统底部为“鹿角沟砾岩”。该地层以灰绿色砾岩、砂砾岩和含砾砂岩为主,内夹砂岩、粉砂岩、泥岩、硅质泥岩,最大厚度可达350 m左右。泉脑沟山组以灰绿色—紫红色中—薄层细砂岩、粉砂岩、砂质—粉砂质页岩为主,中部见深灰色中—厚层灰岩,最大厚度2109 m。灰岩中含珊瑚、腕足类、腹足类及三叶虫等化石。旱峡组为紫红色细砂岩、粉砂岩及砂质页岩、泥岩,最大厚度1930 m。

北祁连—河西走廊地区泥盆系自下而上分为老君山组(雪山组)和沙流水组。老君山组(雪山组)主要分布于河西走廊南缘与北祁连北缘交界区,以及河西走廊东段景泰—靖远一带。沙流水组主要分布于河西走廊东段景泰—靖远一带。在北祁连内部,也见零星的山间盆地的泥盆系分布。老君山组主要为紫红色厚层—巨厚层的砾岩、砂砾岩、含砾砂岩及砂岩,最大厚度3750 m。沙流水组底部为砾岩和含砾砂岩,向

上为砂岩和粉砂岩、页岩互层,最大厚度为 595 m。老君山组与下伏志留系角度不整合接触,与沙流水组也为角度不整合接触,沙流水组与上覆石炭系为平行不整合接触。

2 奥陶系弧后盆地沉积

北祁连从新元古代起开始裂陷形成裂谷盆地,到早奥陶世形成成熟的大洋,中、晚奥陶世形成完整的沟—弧—盆体系(图 2)。其中肃南边马沟、大坂的蛇绿岩及祁连县清水沟的深层俯冲杂岩代表大洋海沟俯冲杂岩组合,肃南白泉门、九个泉—景泰老虎山的蛇绿岩及浅层次俯冲杂岩代表弧后盆地的俯冲杂岩组合^[16,48]。深层次俯冲杂岩北东部的大坂以北发育岛弧火山岩,岛弧火山岩的北东侧九个泉—老虎山一线发育弧后盆地的火山岩^[16,22]。九个泉、老虎山的弧后火山岩具有完整的弧后蛇绿岩层序和弧后扩张脊型的海相火山岩^[23],火山岩以基性火山岩为主,具海底水下淬火结构,如枕状熔岩的斜长石微晶的中空骸晶结构,斜方辉石微晶的放射状、平行鬃刺结构等;火山岩的常量元素、微量元素和稀土元素也具有弧后盆地火山岩的特征^[23]。

除了火山岩之外,北祁连奥陶系还发育变质碎屑岩、泥质岩和硅质岩、灰岩沉积。其中碎屑岩以变质砂岩、粉砂岩为主,泥质岩为板岩或千枚岩。景泰老虎山等地的硅质岩稀土元素总量为 $2.83 \times 10^{-6} \sim 16.5 \times 10^{-6}$,平均值为 8.20×10^{-6} ,高于大洋中脊的稀土元素总量;Ce异常 Ce/Ce^* 为 $0.57 \sim 0.77$,平均值为 0.68 (La/Yb)₀为 $0.22 \sim 0.61$,平均值为 0.41 ^[24],接近大陆边缘稀土元素特征,反映受一定的陆源输入影响。

值得指出的是,北祁连中奥陶世妖魔山组巨厚的块状灰岩覆盖在早中奥陶世中堡组火山岩和火山碎屑岩之上,在古

浪县古浪峡,块状灰岩厚度达 80 m 左右,灰岩除底部、顶部外,中部大部分岩层没有层面分隔,为一巨大的块体,横向上也呈一丘状隆起,因此为一典型的碳酸盐建隆。该建隆除局部发育少量的生物之外,没有发现由造架生物形成的骨架岩,也没有发育由粘结生物形成的粘结岩、由障积生物形成的障积岩及生物灰岩等,其主要岩性为灰泥岩及少量的含生物灰岩。因此该碳酸盐建隆是一个灰泥丘。除了古浪峡之外,北祁连东段还断续发育有类似的碳酸盐建隆,如天祝县峡口驿、永登石灰沟、古浪峡之西青海境内的“乱石堆灰岩”等。因此,在北祁连奥陶系的碳酸盐建隆应该是广泛分布的。这些碳酸盐建隆正是形成于奥陶纪火山岛之上的浅水碳酸盐隆起,指示北祁连加里东期古洋盆是一个多岛洋盆。

3 志留系复理石—海相磨拉石沉积

区域沉积古地理研究表明,志留纪时北祁连南侧为古祁连岛弧,河西走廊北侧为阿拉善古陆。北祁连—河西走廊是主要的沉积区,该沉积区接受了海相复理石—磨拉石沉积^[25]。

早志留世鹿角沟砾岩断续分布于民乐童子坝河、肃南梨园河和玉门石油河一带(图 3)。鹿角沟砾岩以灰绿色中—厚层砾岩、砂砾岩为主,夹少量砂岩、粉砂岩、泥岩和硅质泥岩。鹿角沟砾岩中化石稀少,仅在泥岩中保存少量笔石化石。砾岩的砾石大小为 $1 \sim 25$ cm,大部分为次棱角状到棱角状,分选较差。砾石成分包括玄武岩、火山碎屑岩、硅质岩、片岩等碎屑,局部见花岗岩、大理岩砾石。砾石的成分分析表明砾石来源于下伏寒武纪—奥陶纪变质岩。鹿角沟砾岩整体呈扇状形态,扇中心最大厚度 350 m 左右,向两侧变薄,厚度 20 m 左右。在肃南县梨园河峡沟大山、海牙沟一带,鹿角沟砾岩的砾石

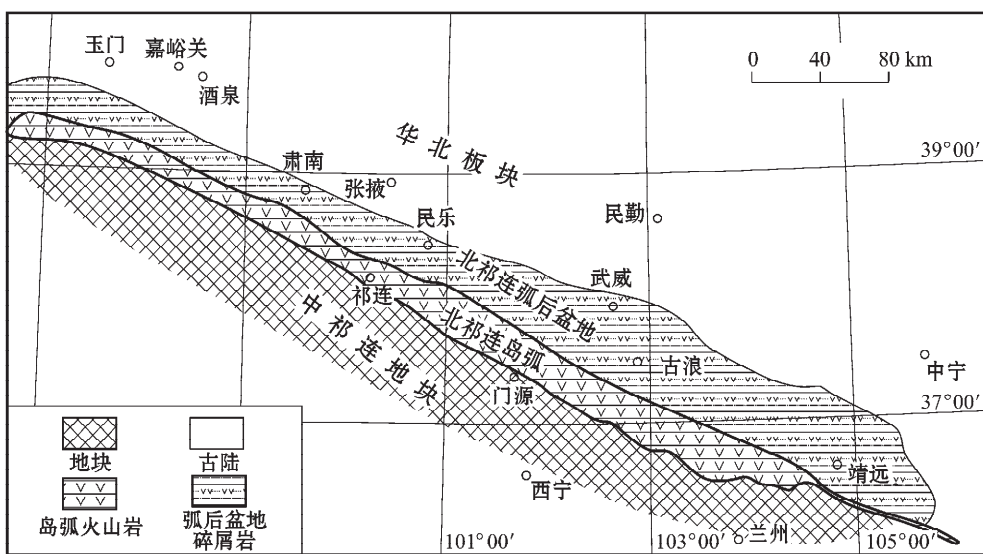


图 2 北祁连中奥陶世早期构造古地理图(参考甘肃省地质局,1979)

Fig. 2 Early Middle Ordovician tectonic-paleogeographic map in the North Qilian Mountains

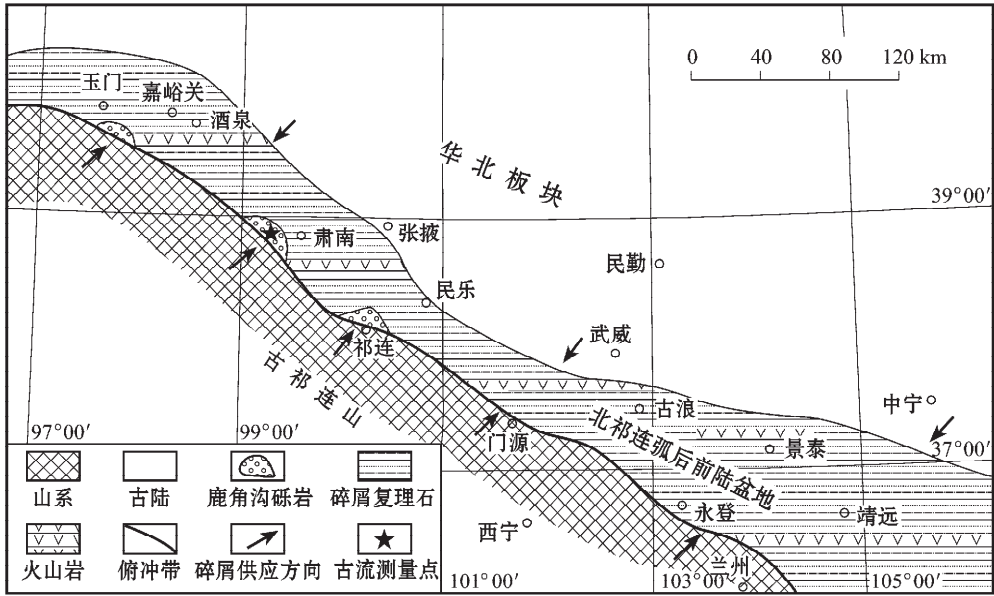


图3 北祁连早志留世构造古地理图(参考甘肃省地质局区域地质调查队,1986)^{26]}

Fig.3 Early Silurian tectonic-paleogeographic map in the North Qilian Mountains

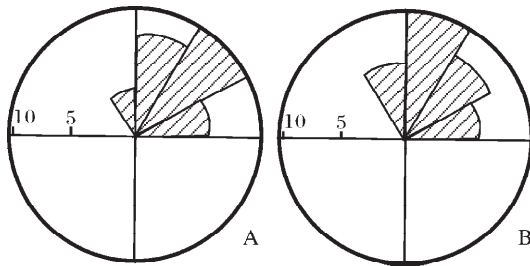


图4 北祁连早志留世鹿角沟组(A)和早、中泥盆世老君山组(B)古流向玫瑰花图

Fig.4 Direction rose diagram of paleo-currents of the Early Silurian Lujiagou Formation (A) and Early and Middle Devonian Laojunshan Formation (B) in the North Qilian Mountains

见叠瓦状排列,砾石排列倾向的反向指示冲积扇的古水流方向,两个点34个砾石统计指示古流向NW330°~NE50°(图4),来自于南侧的造山带。砾岩和砂岩显示块状层理或平行层理,粉砂岩、泥岩、硅质泥岩见均质层理或水平层理。该砾岩的岩石特征、沉积构造、空间形态反映其为水下冲积扇沉积。块状层理的砾岩和砂砾岩为扇根沉积,具叠瓦状砾石和平行层理的砾岩和砂岩为扇中沉积,均质层理的粉砂岩、泥岩、硅质泥岩为扇端沉积。

早志留世肮脏沟组在走廊南山广泛分布(图3)。肮脏沟组主要为灰绿色、紫灰色中薄层砂岩、粉砂岩、泥岩,内夹少量砾岩和火山岩,在玉门南、肃南、民乐南、永登等沉积中心厚度可达2300m左右。该组发育典型的鲍马序列,自下而上为:A—具递变层理或块状层理的(含砾)砂岩段,底部发育明

显的冲刷面从而形成槽筑型,B—具平行层理的砂岩段,C—具波痕层理的细砂岩段,D—具水平层理的粉砂岩段,E—具水平层理或均质层理的泥质岩段。除少数层位发育完整的鲍马序列外,大部分层位发育缺底的不完整序列。该组生物化石以浮游相的笔石为特色。上述特征反映肮脏沟组为典型的复理石相深水浊流沉积。北祁连肮脏沟组砂岩成分复杂,成熟度低,含大量长石和火山岩屑,代表靠近造山带的物源。靠近河西走廊的肮脏沟组砂岩成分成熟度较高,石英含量高,长石、岩屑低,代表靠近华北克拉通的物源。

中志留世泉脑沟山组主要分布于走廊南山西段。泉脑沟山组下段为灰绿色中—厚层细砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩。砂岩中见递变层理、块状层理、平行层理、波痕层理,粉砂岩和泥岩中见水平层理或均质层理,该段为不完整的鲍马序列组成的浊流沉积。上段为灰色中厚层灰岩、灰泥岩夹灰绿色中厚层细砂岩、粉砂岩及泥岩。砂岩中发育浪成波痕和交错层理。该段含有丰富的珊瑚类、腕足类、腹足类及三叶虫等化石。上述特征表明泉脑沟山组上段为浅海相沉积到近岸滨沉积,反映一个海退的过程,沉积环境逐渐由浅海变为滨海环境,并在玉门、肃南西形成2个沉降中心,沉积厚度在2000m以上。

晚志留世早峡组也主要分布于走廊南山西段,主要为紫红色中—厚层砂、泥岩,内含丰富的浪成波痕和交错层理、潮汐层理、泥裂等浅水沉积构造,代表浅海—滨海潮坪环境的背景沉积夹震裂岩、震褶岩等地震事件沉积^[7],反映进一步的海退过程。

4 中、下泥盆统陆相磨拉石沉积

中、晚泥盆世老君山组沿走廊南山呈窄条带状分布,或孤立分布于北祁连造山带内部的山间盆地中,与下古生界变

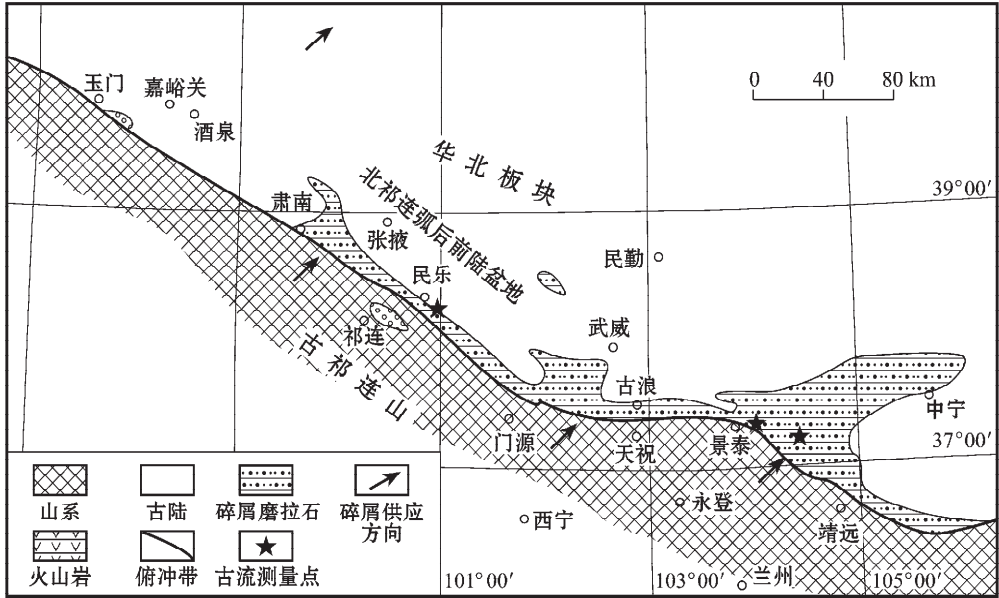


图5 北祁连早、中泥盆世构造古地理图(参考甘肃省地质局区域地质调查队,1980)^①

Fig.5 Early to Middle Silurian tectonic-paleogeographic map in the North Qilian Mountains

质地层呈角度不整合接触。老君山组以紫红色、灰绿色厚层—巨厚层砾岩、砂砾岩、粗砂岩为主,内夹少量粉砂岩,零星发育火山岩。老君山组在平面上呈扇状分布(图5),厚度变化大,沉积中心可见厚度3400 m左右,边缘262 m左右。砾岩粒度变化大,分选差,最大砾石可达45 cm以上,小的不足1 cm,砾石在近造山带地区大部分呈次棱角状或棱角状,远离造山带的地区呈次棱角状到次圆状。砾石成分包括花岗岩、玄武岩、火山碎屑岩、石英岩和大理岩等造山带物源。砾岩底面多见冲刷面,局部砾石呈叠瓦状排列,砾岩、砂砾岩、砂岩主要发育块状层理,砂岩中可见平行层理和槽状交错层理,顶部砂岩局部见丘状交错层理。在民乐县童子坝河、景泰县阳凹山、靖远县松山老君山组中槽状交错层理和叠瓦状砾石发育,其倾向的反向指示古水流方向。21个砾石和8个交错层理统计显示,老君山组砾石岩、砂砾岩沉积的古流方向以北东15~45°为主(图4)。上述岩性、沉积结构、沉积构造及空间形态,反映老君山组主要为山前盆地或山间盆地的冲积扇沉积,上部为湖相沉积,内夹湖相风暴沉积^[28]。

5 北祁连造山带晚加里东期—早海西期 弧后盆地到前陆盆地的构造演化

北祁连加里东期造山带是在新元古代Rodinia联合大陆(Pangea-850)^[29]基础上裂解,经由寒武纪早期华北板块南缘裂谷盆地、寒武纪后期—奥陶纪初期成熟洋盆、奥陶纪中晚期北祁连活动大陆边缘^[7 11 16 19 22 23]、志留纪—早中泥盆世碰撞

造山而形成的^[30]。

祁连山古元古代的“北大河岩群”中、高级变质岩组成了该区的变质基底。南祁连、中祁连的“煌源运动”和北祁连、河西走廊的“阿拉善运动”形成了中、新元古界底部的区域不整合。中元古界以碎屑岩、火山岩和火山碎屑岩、含叠层石和鲕粒的碳酸盐岩及泥质岩为特色。北祁连的新元古界“青白口系”为碎屑岩、含叠层石的碳酸盐岩和泥质岩,中祁连为浅变质的砂岩、泥质岩及灰岩。该区震旦系缺失,寒武系不整合于新元古界“青白口系”之上,该不整合与Rodinia联合大陆形成相对应。

北祁连洋是在新元古代Rodinia联合大陆基础上裂解而成的。北祁连寒武系黑茨沟组以火山岩、火山碎屑岩为主,夹少量细碎屑岩及灰岩透镜体。黑茨沟组自东向西层位升高。在东部白银一带,黑茨沟组为凝灰质千枚岩、石英角斑岩、细碧角斑岩夹硅质岩、大理岩透镜体;永登一带黑茨沟组为凝灰质千枚岩、绢云千枚岩、中酸性凝灰岩夹变质砂岩、大理岩、硅质岩;向西到天祝黑茨沟一带黑茨沟组为安山玄武岩、中酸性火山碎屑岩夹硅质岩、含生物灰岩及砂岩;肃北东赢嘴山一带黑茨沟组以中酸性火山凝灰岩为主,夹凝灰质板岩、结晶灰岩。黑茨沟组的三叶虫反映的地质时代自东向西变新,东部白银一带为中寒武世早期,永登一带为中寒武世中期,天祝一带为中寒武世中、晚期,肃北一带为中寒武世晚期,镜铁山一带为中寒武世末期^[21]。黑茨沟组火山岩为海底火山熔岩、火山碎屑岩,双峰式火山喷发特征反映其为典型的大陆裂谷火山活动的产物^[8 22]。北祁连晚寒武世—早奥陶世香

① 甘肃省地质局区域地质调查队.甘肃的泥盆系.1980.

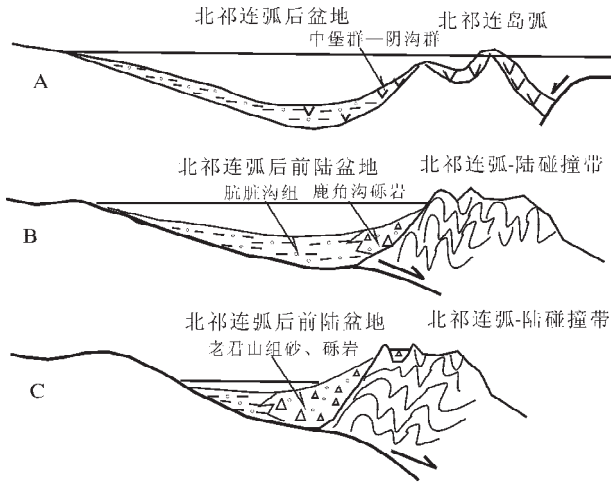


图6 北祁连造山带奥陶纪—早中泥盆世沉积盆地构造演化图

Fig.6 Tectonic evolution of Ordovician to the Early-Middle Devonian sedimentary basins in the North Qilian orogenic belt
A—早、中奥陶世 B—早志留世 C—早中泥盆世

毛山组,主要为浅变质的碎屑岩、泥质岩夹结晶灰岩,局部夹火山碎屑岩,内含丰富的浅海相三叶虫、腕足类化石。河西走廊中、晚寒武世大黄山组(甘肃)和香山群(宁夏)以浅海碎屑岩沉积为主,代表北祁连裂谷扩展过程中的产物。

早奥陶世,北祁连广泛分布阴沟群(天祝—景泰一带为车轮沟群)。阴沟群和车轮沟群主要由玄武岩、安山玄武岩、安山岩及火山碎屑岩组成,内夹各类岩屑砂岩、板岩、硅质岩及灰岩。火山岩以溢流相为主,局部发育喷发相,以块状和枕状熔岩为主。火山岩东西向延伸800 km,最大厚度5000 m以上,最薄处小于1000 m。该火山岩沿玉石沟—川刺沟—大可岔分布,是一条典型的蛇绿岩型火山岩带,代表古祁连洋的洋脊—洋岛型火山岩带^[8,22]。北祁连东段永登—景泰一带,阴沟组、车轮沟组火山熔岩发育较差,火山碎屑岩、硅质岩、碎屑岩发育较好,代表深海沉积。

北祁连、河西走廊中、下奥陶统中堡群,中奥陶统斯家沟组、妖魔山组、天祝组,上奥陶统南石门子组、扣门子组和斜壕组,发育奥陶纪洋壳—岛弧—弧后火山岩,形成典型的沟—弧—盆体系的沉积。其中岛弧火山岩形成拉斑玄武岩—钙碱质火山岩—橄榄玄粗岩的递进演化。在岛弧北侧的景泰老虎山、肃南大坂大岔和九个泉—白泉门发育岛弧火山岩和蛇绿岩。靠近华北大陆的河西走廊一带,如古浪大靖、裴家营等地,中、晚奥陶世为碎屑岩沉积,代表弧后盆地靠克拉通一侧的沉积。

志留纪—早、中泥盆世是北祁连—走廊沉积盆地的转换时期。除天祝、古浪、景泰及肃南等局部地区发育下志留统钙碱性系列火山岩以外,全区志留系均以碎屑岩沉积为主。其

中北祁连西段志留系底部多见鹿角沟组组织扇砾岩层。下一中志留统肮脏沟组—泉脑沟山组发育典型的复理石相浊流沉积—浅海相碎屑岩—碳酸盐岩沉积。上志留统变为早峡组滨、浅海相的海相磨拉石沉积。东段仅发育早志留世复理石沉积,反映北祁连加里东期造山过程的纵向不均一性和斜向碰撞、不规则边缘碰撞的造山特征。早、中泥盆世在北祁连—走廊地区为中、下泥盆统老君山组(雪山群),为典型的陆相粗碎屑磨拉石沉积。从空间分布上看,志留系—泥盆系在走廊—北祁连地区也有自北向南厚度加大、粒度变粗的特征,古流以由南向北、来自造山带的古流为特征。北祁连—河西走廊奥陶纪弧后盆地火山岩—志留系复理石—海相磨拉石—中下泥盆统陆相磨拉石的充填序列以及空间分布特点,反映为典型的弧后盆地向前陆盆地转化的沉积序列。

综上所述,北祁连加里东期—早海西期经历了裂谷盆地(寒武纪)、成熟的大洋盆地(寒武纪末期—早奥陶世)、活动大陆边缘盆地(早奥陶世末期—晚奥陶世)、前陆盆地(志留纪复理石阶段—早中泥盆世磨拉石阶段)的演化历程,形成了从大陆边缘裂陷—大洋盆地—活动大陆边缘—前陆盆地的威尔逊旋回和构造转换过程(图6)。

参考文献:

- [1]王荃,刘雪亚.我国西部祁连山区的古海洋地壳及其大地构造意义[J].地质科学,1976(1):42~55.
- [2]李春昱,刘仰文,朱宝清,等.秦岭和祁连山构造发展史[A].见:国际交流地质学论文集(1)[C].北京:地质出版社,1978.174~187.
- [3]肖序常,陈国铭,朱志直.祁连山古蛇绿岩的地质构造意义[J].地质学报,1978,52(4):281~295.
- [4]吴汉泉.东秦岭和祁连山的蓝闪片岩[J].地质学报,1980,54(3):195~207.
- [5]左国朝,刘寄陈.北祁连山早古生代大地构造演化[J].地质科学,1987(1):14~24.
- [6]左国朝,吴汉泉.北祁连中段早古生代双向俯冲—碰撞增生模式剖析[J].地球科学进展,1997,12(4):315~323.
- [7]左国朝,刘文科,张崇.北祁连造山带中—西段陆壳残块群的构造—地层特征[J].地质科学,2002,37(3):302~312.
- [8]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.
- [9]许志琴,徐慧芬,张建新,等.北祁连走廊南山加里东俯冲杂岩增生地体动力学[J].地质学报,1994,68(1):1~15.
- [10]张建新,许志琴.北祁连中段加里东俯冲—增生杂岩/火山弧带及其变形特征[J].地球学报,1995(2):154~163.
- [11]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.
- [12]陈炳蔚,姚培毅,郭璞璞,等.青藏高原北部地体构造与演化[M].北京:地质出版社,1996.
- [13]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.
- [14]赖绍聪.青藏高原北缘火山作用与构造演化[M].西安:陕西科学技术出版社,1996.

- [15] 赖绍聪, 邓晋福, 赵海铃. 北祁连奥陶纪洋脊扩张速率及古海洋规模的岩石学约束[J]. 矿物岩石, 1997, 17(1): 35~39.
- [16] 张旗, 孙晓猛, 周德进. 北祁连蛇绿岩特征、形成环境及其构造意义[J]. 地球科学进展, 1997, 12(4): 366~393.
- [17] 张旗, 王焰, 钱青. 北祁连早古生代洋盆是裂隙槽还是大洋盆——与葛肖虹讨论[J]. 地质科学, 2000, 35(1): 121~128.
- [18] 宋述光. 北祁连俯冲杂岩带的构造演化[J]. 地球科学进展, 1997, 12(4): 351~365.
- [19] 孙晓猛, 张旗, 钱青. 甘肃省南白泉门地区蛇绿岩地质特征[J]. 地球科学进展, 1997, 12(4): 340~350.
- [20] 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: 223~230.
- [21] 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. 1~314.
- [22] 夏林圻, 夏祖春, 徐学义. 北祁连山奥陶纪弧后火山岩成因[J]. 中国地质, 2003, 30(1): 48~60.
- [23] 夏林圻, 夏祖春, 徐学义. 北祁连山早古生代洋脊—洋岛和弧后盆地火山作用[J]. 地质学报, 1998, 72(4): 301~312.
- [24] 徐学义, 赵海天, 李向民, 等. 北祁连山早古生代硅质岩稀土元素特征及其构造意义[J]. 地质科技情报, 2003, 22(3): 22~26.
- [25] 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同造山过程的沉积响应[J]. 古地理学报, 2002, 4(4): 1~8.
- [26] 甘肃省地质局区域地质调查队. 甘肃的志留系[J]. 甘肃地质, 1986, 3: 1~116.
- [27] Du Y, Gong S, Han X. Silurian seismites and its tectonic significance in Hanxia, Yumen City, north Qilian Mountains[J]. Acta Geologica Sinica, 2001, 75(4): 385~390.
- [28] 杜远生, 周道华, 龚淑云, 等. 甘肃靖远—景泰泥盆系湖相风暴岩及其古地理意义[J]. 矿物岩石, 2001, 21(3): 69~73.
- [29] 王鸿祯. 地球节律和大陆动力学的思考[J]. 地学前缘, 1997, 4(3-4): 1~12.
- [30] Du Y, Wang J, Han X et al. From flysch to molasse—the sedimentary and tectonic evolution of the late Caledonian—early Hercynian foreland basin in North Qilian Mountains[J]. Journal of China University of Geosciences, 2003, 13(1): 1~7.

From the back-arc basin to foreland basin—Ordovician—Devonian sedimentary basin and tectonic evolution in the North Qilian orogenic belt

DU Yuansheng, ZHU Jie, HAN Xin, GU Songzhu
(China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China)

Abstract: The late Caledonian to early Hercynian North Qilian orogenic belt in northwestern China formed on the basis of breakup of late Proterozoic Rodinia (Pangea-850), and its evolution progressed through a rift basin in the Cambrian, a mature ocean basin in the initial Ordovician, the active continental margin of the North Qilian in the Mid-Late Ordovician and collisional orogeny in the Silurian to Early-Mid Devonian. The Mid-Late Ordovician witnessed development of oceanic crustal, island-arc and back-arc volcanic rocks in the Mid-Upper Ordovician in the North Qilian and Hexi Corridor, which formed deposits of a typical trench-arc-basin system. The Silurian to Early-Mid Devonian was a transition period of the North Qilian-Corridor sedimentary basin. Except in Tianzhu, Gulang, Jingtai and Sunan where volcanic rocks of the Lower Silurian calc-alkaline series are developed, the Silurian of the whole area is dominated by clastic deposits. The base of the Silurian consists mostly of a conglomerate bed and the Lower-Mid Silurian is typical turbidity deposits of flysch facies, while the upper Silurian becomes littoral-neritic molasse deposits. The Early-Mid Devonian Xueshan Group is typical terrestrial coarse clastic molasse deposits. In terms of spatial distribution, the Silurian-Devonian in the Corridor-North Qilian area also has the features of southward thickening and coarsening in grain size. The paleo-currents are characterized by those from the orogenic belt form south to north. The filling sequence and spatial distribution of the Ordovician back-arc basin volcanic rocks—Silurian flysch—marine molasse—Mid-Lower Devonian continental molasse in the North Qilian-Hexi Corridor reflect a typical sedimentary sequence of transition from the back-arc basin to foreland basin.

Key words: North Qilian orogenic belt; Ordovician; Devonian; back-arc basin; foreland basin