

文章编号: 1000- 6524 (2002) 04- 0317- 10

塔里木古大陆东缘的微大陆块体群

陆松年¹, 于海峰¹, 金 巍², 李怀坤¹, 郑健康³

(1. 天津地质矿产研究所, 天津 300170; 2. 吉林大学 地球科学学院, 吉林 长春 130061;

3. 青海省地质调查研究院, 青海 西宁 810012)

摘要: 塔里木古大陆东缘至少存在 4 个微大陆, 自北而南分别是阿拉善、祁连、欧龙布鲁克和柴达木微大陆, 它们有相近但又有一定差异的早前寒武纪变质基底和中元古代变质沉积地层。每一个微大陆边缘均有复杂的生成历史, 特别是新元古代早期的热- 构造事件十分发育, 并在柴达木微大陆北缘形成一条长 700 km 的花岗片麻岩带, 而在多数微大陆边缘则叠加了寒武纪至奥陶纪火山弧或蛇绿混杂岩。在微大陆之间自北而南分别发育了北祁连蛇绿岩混杂岩带、南祁连蛇绿岩混杂岩带、沙柳河- 鱼卡河高压- 超高压变质带和昆仑中部清水泉蛇绿混杂岩, 它们代表了微大陆之间的结合带, 其形成时代集中在寒武纪至奥陶纪。这几个微大陆总体表现出亲塔里木古大陆的特征, 特别是自新元古代以来具有相似的地质演化特征。

关键词: 塔里木东缘; 微大陆; 变质基底; 微大陆边缘; 地质演化

中图分类号: P534. 1

文献标识码: A

Microcontinents on the eastern margin of Tarim paleocontinent

LU Song_nian¹, YU Hai_feng¹, JIN Wei², LI Huai_kun¹ and ZHENG Jian_kang³

(1. Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources; Tianjin 300170, China; 2. School of Earth

Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China; 3. Qinghai Bureau of Geology and Mineral

Resources, Xining 810012, China)

Abstract: There were at least four microcontinents on the eastern margin of the Tarim paleocontinent prior to Early Paleozoic. They are, from north to south, Longshoushan, Qilian, Ourlongbuluke and Qaidam, which have somewhat similar yet different Early Precambrian metamorphosed basements and Mesoproterozoic meta_sediments. Quite complex geological evolution was detected along the margins of these microcontinents, especially along the margin of Qaidam, where a Neoproterozoic granite gneiss belt over 700 km long is developed. In addition, Cambrian and Ordovician volcanic arc and ophiolite melange were superimposed upon the microcontinental margins. From north to south, the north Qilian ophiolite melange, the south Qilian ophiolite melange, the Shaliuhe_Yuqiahe high_pressure and super high_pressure meta_

收稿日期: 2002- 05- 17; 修订日期: 2002- 08- 23

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(40032010- C); 中国地质调查综合研究资助项目(200113900070)

作者简介: 陆松年(1940-), 男, 研究员, 长期从事前寒武纪地质研究。

morphic belt and the Qingshuiquan ophiolite melange in central Kunlun Mountains are developed between two adjacent microcontinents, representing suture belts between two microcontinents. The suture belts are from Cambrian to Ordovician in age. Geological characteristics of these microcontinents, especially the characteristics since Neoproterozoic, are generally similar to features of the Tarim paleocontinent. However, the time and location of amalgamation between the Tarim and the microcontinents require further investigation.

Key words: eastern margin of the Tarim paleocontinent; microcontinent; metamorphosed basement; microcontinental margin; geological evolution

近年来在古造山带的研究中,对微大陆块的识别普遍引起了重视。例如,在对中亚造山带的研究过程中,已认识到并非是一种单向的弧陆碰撞和弧的增生,而是在南、北两个大陆块体之间存在着若干微大陆块,中亚造山带的演化主要涉及这些微大陆与相邻西伯利亚、塔里木和中朝大陆边缘之间的地质历史(Dobretsov *et al.*, 1995)。相似的情况已在许多造山带,包括我国秦岭-大别造山带及喜马拉雅造山带中有所发现,并在研究工作中取得了新进展。对古造山带中微大陆的识别以及对其地质历史的研究是认识造山带整个演化过程的关键,如果忽略了古造山带中微大陆的研究,则难以理解造山带复杂的地质历史和演化特点。

塔里木大陆东缘存在一系列微大陆块,较早和较系统的研究是陈炳蔚等(1995)对该区地体的划分,他以昆仑中央断裂及石板井-小黄山缝合带为界,结合前寒武纪变质基底的分析,将这一带的地体分为三大地体群:石板井-小黄山缝合带以北的准噶尔-南蒙地体群、昆仑中央断裂与石板井-小黄山缝合带之间的古西域地体群和昆仑中央断裂以南的青藏地体群。陈炳蔚所使用的古西域(地台)一词最早见于李天德在《青藏高原第二次学术交流会论文摘要汇编(1983)》中的《阿尔金山地质构造基本特征》一文(内部文献),陈炳蔚等沿用此术语,认为西域地台是1400 Ma全面固结的地台,既不同于华北地台,又区别于扬子地台。该地台于古生代初发生拉张,形成具优地槽性质的裂陷槽带,志留纪末褶皱成山。

古西域地体群自北而南包括7个地体,分别命名为东七一山岛弧碎块、马鬃山大陆边缘碎块、酒泉大陆边缘碎块、北祁连洋陆残块混杂带、中祁连变质地体、南祁连大陆边缘碎块和柴达木大陆碎块。由于在塔里木东南阿尔金东部阿克塔什塔格一带和敦煌地区已获得众多早前寒武纪地层和岩浆活动的年代学证据,位于其北的东七一山、马鬃山及酒泉等地体应归属塔里木东北大陆边缘,故暂不涉及这些地区。本文主要讨论阿尔金山东南侧从阿拉善-龙首山至昆仑山之间所谓祁连山和昆仑山造山带中几个微大陆的前寒武纪地质历史和演化特征。

1 微大陆划分的依据

微大陆与大陆块体除出露面积有明显不同外,并没有本质的差异。目前国外文献中一般将出露面积较大的称为大陆(continent)或大陆块(continental block),如西伯利亚大陆、塔里木大陆、中朝大陆等。大陆一词有时与克拉通(craton)通用,所命名的大陆现在出露的面积一般都接近或超过百万平方千米。通常将位于大陆之间、面积较小的大陆块体称为微大陆,有时与中间地块或地体混用。微大陆的面积相对较小,一般仅几万或十几万平方千米。

与大陆块体相邻的微陆块可以从该大陆块体边缘裂解出去的碎块,也可以是从异地漂移而来的块体,因此根据微大陆地质演化特点可划分出不同类型的微大陆。但能够作为微大陆级别的构造单元应具备下列基本条件:具有古老的前寒武纪,特别是早前寒武纪变质基底,它不应为异地推覆体;微大陆的内部及边缘在变质基底之上有其自身的沉积记录和其他热-构造地质事件的记录;微大陆之间或微大陆与大陆之间有明确的构造边界,常常发育蛇绿混杂岩、岛弧杂岩、俯冲-增生或碰撞-增生杂岩及高压变质带等,但边界也常常由于造山运动后期地壳的强烈挤压、缩短、隆升以及后期热-构造事件的叠加而难以识别;所有的微大陆都有它存活的历史,一旦它与其他微大陆或大陆块体拼结,自然就结束了自身的发展历史而成为化石微大陆。青藏高原研究中心将本文所称的微大陆叫作“陆块”,定义为“两个板块结合带之间的陆壳块体”。不论两个结合带是同时代还是不同时代,其间的陆壳块体都曾有过与之相连、后来消滅掉的洋壳,只是有的与被消滅的洋壳构成独立的陆块,如南祁连陆块、昌都-思茅陆块;有的则先后成为不同时代、不同大板块的一部分,如玉树-中甸陆块^①。尽管对夹持于造山带中的这类大陆块体有着相近的定义和名称,但强调的侧面还是有所差异。

2 微大陆块体的地质特征

在塔里木大陆东缘可划分4个微大陆,自北而南分别是阿拉善、祁连、欧龙布鲁克和柴达木等微大陆(图1),它们的前泥盆纪地层序列(表1)及主要地质特征简介如下。

2.1 阿拉善微大陆

阿拉善微大陆系指阿拉善及其相邻的龙首山一带,南以断裂与北祁连早古生代造山带相邻。微大陆中时代最老的岩层为阿拉善岩群和龙首山岩群,分布范围较大,为一套角闪岩相的副变质岩,原岩主要为(含炭)泥质、砂质碎屑岩,其次为碳酸盐岩,有少量基性火山岩。副变质岩具富碳(石墨)、铝和钙、镁的特点,类似孔兹岩系,只是变质程度未达到高角闪岩-麻粒岩相,是形成于相对稳定的浅海环境的产物。在

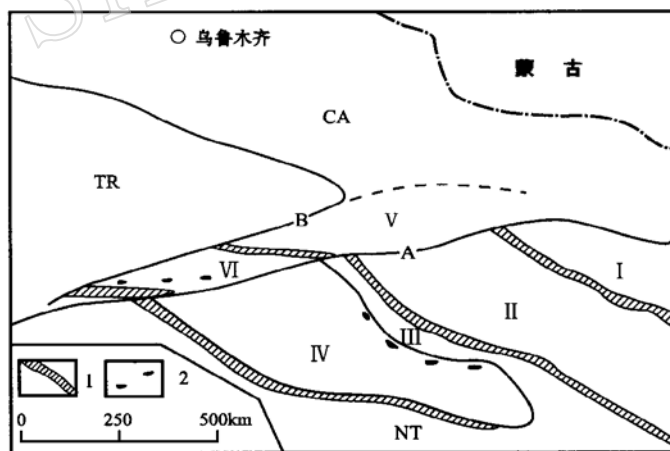


图1 塔里木古大陆东缘微大陆分布地质略图

Fig. 1 Geological sketch map showing the distribution of microcontinents on the eastern margin of Tarim paleocontinent

1—蛇绿混杂岩带; 2—榴辉岩带; A—阿尔金断裂; B—且末-星星峡断裂; CA—中亚造山带; NT—北特提斯造山带; I—阿拉善微大陆; II—祁连微大陆; III—欧龙布鲁克微大陆; IV—柴达木微大陆; V—阿北-敦煌早前寒武纪地质体; VI—“阿尔金山群”分布区

^①中国地质调查局西南项目管理办公室、青藏高原地质研究中心综合研究项目, 2001. 青藏高原及其邻区大地构造单元初步划分方案.

表 1 塔里木古大陆东缘微大陆前泥盆纪地层序列

Table 1 Pre-Devonian stratigraphic sequence of microcontinents on the eastern margin of Tarim paleocontinent

地层系统	阿拉善	祁连	欧龙布鲁克	柴达木
泥盆系	中-下泥盆统	上泥盆统	上泥盆统	上泥盆统
志留系		下志留统		
奥陶系		药水泉群	大头羊沟组 石灰沟组 多泉山组	纳赤台群
		查甫群		
		阿夷山群		
寒武系		六道沟群	欧龙布鲁克群 全吉群: 小高炉组 皱节山组	
		泥旦山群		
		花石山群		
震旦系-南华系	韩母山群	湟中群	全吉群: 红铁沟组 黑土坡组 红藻山组 石英梁组 枯柏木组 麻黄沟组	
青白口系-中元古界	墩子沟群	湟源群	万洞沟群	冰沟群
古元古界	龙首山群	野马南山岩群	达肯大坂群 德令哈杂岩	金水口群

* 滩间山群原划为上奥陶统, 现经同位素年龄资料证实, 其下界至少为上寒武至下奥陶统。

龙首山岩群分布区, 钾质花岗片麻岩十分发育, 它们侵入龙首山岩群并共同遭受复杂的形变。本次研究工作测得该钾质花岗片麻岩的颗粒锆石 U-Pb 年龄为 $1914 \text{ Ma} \pm 9 \text{ Ma}$ (表 2、图 2), 龙首山岩群中的斜长角闪岩的年龄为 $2034 \text{ Ma} \pm 16 \text{ Ma}$ (表 3、图 3), 有理由推断龙

表 2 龙首山钾质花岗片麻岩 U-Pb 年龄分析结果

Table 2 U-Pb isotope analyses of potassic granite gneiss from Longshoushan Mountain

点号	锆石特征	质量 (μg)	U Pb		普通铅 含量 (ng)	同位素原子比率*					表面年龄(Ma)		
			U $\mu\text{g/g}$	Pb		$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$
1	浅紫红色透 明长柱状半 自形晶体	10	209	74	0.014	2.914	0.035 86	0.3476 < 24 >	5.613 < 42 >	0.1171 < 2 >	1923	1918	1912
2	浅紫红色透 明细长柱状 自形晶体	18	265	92	0.015	6.213	0.035 62	0.3458 < 10 >	5.594 < 18 >	0.1173 < 2 >	1914	1915	1916
3	浅紫红色透 明短柱状, 表面圆滑	15	445	153	0.034	3.825	0.060 67	0.3339 < 18 >	5.358 < 31 >	0.1164 < 2 >	1857	1878	1901
4	浅紫红色透 明长柱状半 自形晶体	13	412	131	0.010	10.960	0.033 74	0.3215 < 10 >	5.124 < 16 >	0.1156 < 1 >	1797	1840	1889
测定结果			1~4 号点上交点年龄值: $1914 \text{ Ma} \pm 8.5 \text{ Ma}$, 下交点年龄值: $577 \text{ Ma} \pm 174 \text{ Ma}$										

备注: * $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 已对实验空白($\text{Pb} = 0.05 \text{ ng}$, $\text{U} = 0.002 \text{ ng}$)及稀释剂做了校正, 其他比率中的铅同位素均为放射成因铅同位素, 括号内的数字为(2 σ)绝对误差, 例如: $0.3476 < 24 >$ 表示 0.3476 ± 0.0024 (2 σ)。

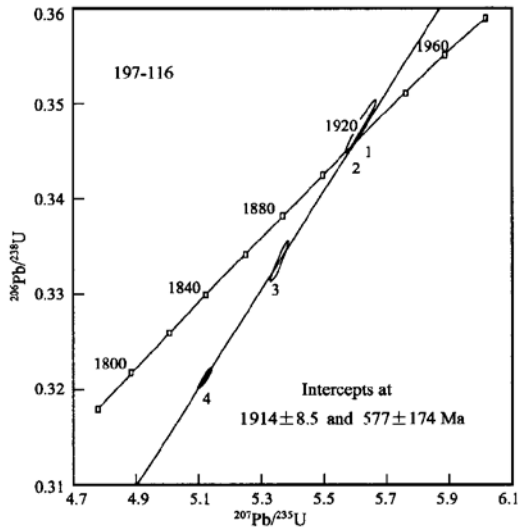


图 2 龙首山钾长花岗片麻岩锆石 U-Pb 年龄谐和图

Fig. 2 U-Pb age concordant diagram of zircon from Longshoushan K-feldspar granitic gneiss

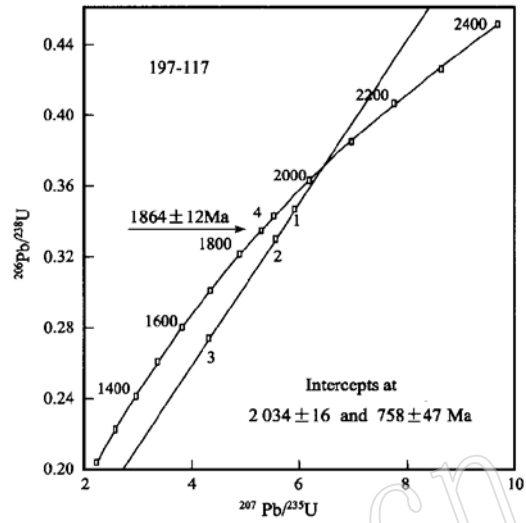


图 3 龙首山岩群斜长角闪岩锆石 U-Pb 年龄谐和图

Fig. 3 U-Pb age concordant diagram of zircon from amphibolite in Longshoushan rock group

首山岩群主体属于古元古代。

2.2 祁连微大陆

祁连微大陆北以北祁连造山带与阿拉善微大陆相隔, 南以南祁连造山带与欧龙布鲁克微大陆相邻, 前寒武纪变质基底主要分布于中祁连山及南、北祁连造山带中被卷入的基底中。中祁连山东部前寒武纪变质基底称为湟源群, 上覆低级变质至未变质的新元古代晚期

表 3 龙首山岩群斜长角闪岩 U-Pb 年龄分析结果

Table 3 U-Pb isotope analyses of amphibolite from Longshoushan rock groups

点号	锆石特征	质量		普通铅含量 (ng)	同位素原子比率 ^a					表面年龄 (Ma)			
		U (μg)	Pb (μg/g)		$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	
1	浅紫色透明浑圆状晶体	10	34	13	0.007	979	0.103 00	0.347 4 < 67>	5.908 < 123>	0.123 3 < 8>	1 922	1 962	2 005
2	浅紫色透明浑圆状晶体	15	104	39	0.044	689	0.097 28	0.330 0 < 47>	5.527 < 87>	0.121 5 < 7>	1 838	1 905	1 978
3	浅黄色半透明短柱状, 表面圆滑	10	207	58	0.009	3 652	0.060 05	0.273 6 < 15>	4.315 < 27>	0.114 4 < 3>	1 559	1 696	1 870
4	浅紫色透明短柱状自形晶体	15	104	36	0.011	2 690	0.070 60	0.334 2 < 23>	5.252 < 53>	0.114 0 < 8>	1 859	1 861	1 864

测定结果 4号点 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄值: 1 864 Ma ± 12 Ma; 1~3号点上交点年龄值: 2 034 Ma ± 16 Ma, 下交点年龄值: 758 Ma ± 47 Ma

备注: 同表 2 注。

煌中群和早寒武世花石山群。湟源群由云母片岩、石榴云母片岩、蓝晶石榴云母片岩、黑云斜长变粒岩、石英岩和大理岩组成,地层中局部出现石墨云母片岩。在湟源-西宁公路旁,侵入湟源群的响河岩体获得了 $917 \text{ Ma} \pm 12 \text{ Ma}$ 的单颗粒锆石 U-Pb 年龄(郭进京,1999),其地层时代应不晚于中元古代。中祁连山西部前寒武纪变质基底称野马南山岩群,其岩石组合及变质程度与湟源群颇为相似,但被 $1499 \text{ Ma} \pm 21 \text{ Ma}$ 的糜棱岩化花岗岩所侵入,因此野马南山岩群的时代应大于 1.5 Ga 。在上述变质基底之上不整合覆盖着一套低级至未变质的沉积地层,其中以煌中群为代表。该群下部以变质粗碎屑岩为主,夹绢云片岩,在变碎屑岩层中保存有很好的交错层理等原生沉积构造;上部由变粉砂岩、板岩和不纯结晶灰岩组成,其层序与欧龙布鲁克微大陆上的全吉群颇为接近。从变质程度和岩石组合特征分析,煌中群与下伏变质基底应存在一个由构造运动所造成的不整合面,但由于后期造山作用的强烈叠加,这一原始接触面已被改造成断层面。煌中群之上平行不整合覆盖着含早寒武世化石的花石山群,主要由碳酸盐岩地层组成。由于花石山群的限定,煌中群和全吉群一样,时代应归属新元古代晚期。早古生代火山岩层主要出露在南、北祁连山,作为祁连微大陆的南、北两个边缘,均经历了从被动大陆边缘向活动大陆边缘的转化过程,并由于洋盆的出现、扩张和消亡,形成了著名的南、北祁连早古生代造山带。

祁连微大陆的北缘发育了北祁连造山带,一些学者认为在中祁连与北祁连之间还存在一条蛇绿混杂岩带,因此祁连微大陆可以一分为二。就北祁连造山带而言,该带不仅仅在本文研究区内,也是西北地区 and 全国研究程度较高的显生宙造山带之一,对区内的构造演化过程、阶段划分,次级构造单元的特点,造山过程中沉积、火山、构造的地质记录及地壳演化过程中成矿作用特征都有过专题性的研究,并有大量论著问世(肖序常等,1978;左国朝等,1987;冯益民等,1992,1995;夏林圻等,1996,1998),本文不再赘述。

2.3 欧龙布鲁克微大陆

欧龙布鲁克微大陆西起青海柴达木盆地北缘达肯大坂和马海大坂一带,东至都兰县城以北,东西长约 500 km 以上,北以宗务隆断裂与南祁连早古生代造山带相邻,南以沙柳河-鱼卡河榴辉岩带为界。微大陆中前寒武纪变质基底由老到新包括古元古代早期德令哈杂岩、古元古代晚期达肯大坂岩群和中元古代万洞沟群。新元古代晚期全吉群以角度不整合覆盖于变质基底之上,并与上覆早古生代地层呈平行不整合接触,上泥盆统牦牛山组则以明显的角度不整合覆于早古生代地层之上。

古元古代早期德令哈杂岩以大面积分布的砖红色二长花岗片麻岩为主,斜长角闪岩以规模和形态不等的包体赋存于二长花岗片麻岩之中,二者的接触部位多见有条带状混合岩化现象。从斜长角闪岩和二长花岗片麻岩中测得的单颗粒锆石 U-Pb 年龄分别为 $2412 \text{ Ma} \pm 14 \text{ Ma}$ 和 $2366 \text{ Ma} \pm 10 \text{ Ma}$ (陆松年等,2002)。

达肯大坂岩群系指以石英岩、含石榴石、夕线石石英片岩、云母片岩和角闪片岩及少量麻粒岩为主的一套表壳岩组合,它们在空间上与德令哈杂岩共生。在德令哈市黑石山水库附近可见达肯大坂岩群下部的石英岩与德令哈杂岩呈构造接触,原生接触关系已被破坏。该岩群原岩系以碎屑岩为主的火山-沉积岩系,遭受了高角闪岩至麻粒岩相变质作用,根据张建新等(2001)在该岩群基性麻粒岩测定的 Sm-Nd 等时线年龄($1791 \text{ Ma} \pm 37 \text{ Ma}$)资料,原岩的时代推测为古元古代晚期。

万洞沟岩群主要分布于微陆块西部的滩间山至万洞沟一带,按岩性组合可分为两个岩

组: 下岩组以碳质绢云片岩、钙质片岩为主, 向上为碳质大理岩; 上岩组以斑点状千枚岩为主, 夹大理岩透镜体。前人曾从万洞沟群中获得 $1\ 022\ \text{Ma} \pm 64\ \text{Ma}$ 的 Rb-Sr 等时线年龄 (于凤池等, 1994), 该年龄反映了万洞沟群的变质时代, 因此该群应归属于中元古代。

德令哈杂岩、达肯大坂岩群和万洞沟群共同构成欧龙布鲁克微大陆中的变质基底, 上覆新元古代晚期基本未变质的全吉群, 二者以角度不整合接触。全吉群的层序表现出近似拗拉槽盆地沉积的特点, 并具有沉积盖层性质。从全吉群中下部玄武岩中测得的颗粒锆石 U-Pb 年龄为 $738\ \text{Ma} \pm 28\ \text{Ma}$, 以此为据, 推测全吉群底界年龄约 $760\ \text{Ma}$ 。

全吉群位于柴达木盆地北缘北带的全吉山及欧龙布鲁克山一带, 因在全吉山保存较完整而得名。在全吉山和欧龙布鲁克一带全吉群以角度不整合覆盖在德令哈杂岩的混合片麻岩之上, 与含腕足类化石的寒武系呈平行不整合接触。全吉群自下而上可划分为下列岩石组合: 底部为陆相砂砾岩层 (麻黄沟组), 底砾岩中以硅质砾石为主, 但仍可见下伏德令哈杂岩混合岩的砾石, 表明全吉群系原地沉积而不是异地体。下部为发育双向斜层理或平行层理的长石英砂岩和石英砂岩, 为潮坪至滨海碎屑岩 (枯柏木组和石英梁组)。砂岩层之上发育厚度数百米富含叠层石的碳酸盐岩层 (红藻山组), 该层与砂岩层的过渡部位发育 3 层火山熔岩层, 熔岩层之间赋存凝灰岩, 从而显示火山喷发的旋回特征。在碳酸盐岩层之上出露一套紫色和灰绿色调的杂色砂岩 (黑土坡组), 而该岩层之上局部出现块状杂砾岩层 (红铁沟组), 王云山等 (1980) 将这套杂砾岩层视为冰碛层, 并认为与塔里木地台北缘库鲁克塔格群中的汉戈尔乔克冰碛层相当, 冰碛层之上平行不整合着含寒武纪腕足类化石的含磷碎屑岩层。全吉群的岩石序列总体上表现出拗拉槽或被动大陆边缘盆地沉积的特征, 由于该群几乎未变质, 变形则以脆形断裂为主, 在变质、变形特征上与变质基底存在明显的差异, 应归于克拉通化后形成的沉积盖层。

全吉群的上部出露一套冰碛岩层, 称为红铁沟组, 分为上、下两段。下段为块状冰碛岩, 构成红铁沟组的主体, 主要为灰绿色杂砾岩, 厚 5~75 m。杂砾岩中的砾石成分以下伏含叠层石白云岩、含硅质条带白云岩、硅质岩为主, 亦有少量石英砂岩及硬砂岩。砾石排列无序, 大小混杂, 分选极差, 小砾石在 1 cm 左右, 大的为数十厘米, 露头上见到最大砾石的直径达 2.2 m。砾石形态各异, 可见冰成岩中常见的熨斗状、马鞍状砾石, 砾石的磨光面、压坑、擦痕等屡见不鲜。红铁沟组上段为紫色含砾粉砂岩及纹泥岩, 层理自下而上越来越显著, 而砾石含量及粒径则逐步递减, 但在粉砂岩或纹泥岩中发育冰水相中特征的坠石 (dropstone), 说明上段为冰川退缩期的产物。王云山等 (1980) 将其上 1 m 左右的含砾白云岩作为冰碛层之上、皱节山组的底部层位, 笔者实地考察后认为它是冰碛层之上的白云岩帽层 (dolostone cap), 应作为红铁沟组顶部地层。

红藻山组冰碛层与上覆含皱节虫科遗迹化石的碎屑岩层为整合过渡, 再向上则为早寒武世小高炉群, 二者为平行不整合接触。小高炉群为白色含磷、含砾石英岩状砂岩、深灰色豹皮状含核形石含砂粒屑粉晶白云岩、残余粒屑硅质条带白云岩, 有较多棘皮碎片、软舌螺、微体蠕形动物。

全吉群是欧龙布鲁克微大陆块上保存的沉积盖层中的最低层位, 对于探讨研究区新元古代地质演化十分重要, 同时该群中红铁沟组冰碛层系区域地层对比中的标志层, 是新元古代晚期地层对比、探讨华北与塔里木联系的关键层位。

2.4 柴达木微大陆

柴达木微大陆南以昆仑中部断裂带为界,北以鱼卡河-沙柳河高压-超高压变质带与欧龙布鲁克微大陆相邻,西界被阿尔金断裂带截断,东界被瓦洪山断裂所限,平面上呈卵形产出。微大陆上出露的最古老地层为金水口岩群,主要由中高级变质的富铝片麻岩、石英岩和大理岩组成,原岩建造与达肯大坂岩群相似,并被 $1624 \text{ Ma} \pm 22 \text{ Ma}$ 的夕线堇青花岗片麻岩侵入,时代暂归入古元古代。金水口岩群之上为冰沟群狼牙山组(碳酸盐岩层)和丘吉东沟组(碳质建造),之间未见接触关系。冰沟群属中浅变质岩,岩石组合及变质程度与万洞沟群相似,时代暂归入中元古代。在柴达木微大陆上迄今未能鉴别出类似全吉群的新元古代晚期南华纪-震旦纪地层。纳赤台群包含的地层层位及时代比较复杂,还有待于进一步深入研究。

微大陆北缘出现一套十分复杂的岩石组合,称沙柳河岩群,主要由石榴云母片岩、石榴云母石英片岩、白云母石英岩、大理岩和石榴斜长角闪岩等组成,为经历高压、超高压变质作用的火山-沉积岩系。榴辉岩在表壳岩系中呈构造布丁-透镜体或似层状体出露,在强烈变形部位如褶皱转折端,榴辉岩与其他表壳岩一起发生同褶。这套表壳岩被新元古代花岗片麻岩所围限,并可见明显的侵入关系。在花岗片麻岩中最大的表壳岩残留块体范围可达数十平方千米,小的仅以露头尺度呈包体赋存于花岗片麻岩之中。这套表壳岩的发现对于认识榴辉岩的成因、时代及重溯柴达木盆地北缘地质演化历史具有重要的科学意义。目前对这套表壳岩的时代尚未获得直接的同位素年代学证据,但根据已有的年龄资料分析,榴辉岩相变质时代大致在 $500 \sim 470 \text{ Ma}$ 之间。

鱼卡河-沙柳河榴辉岩带主要由中元古代鱼卡河岩群和新元古代早期花岗片麻岩组成,构成柴达木微大陆北部新元古代早期岩浆弧的根部带,但在早古生代遭受了高压、超高压变质作用(杨经绥等,1998;张建新等,2000),因此它也是一条早古生代的分划性构造边界。

微大陆南缘也像北缘一样受到新元古代早期热事件的影响,目前已从花岗片麻岩中获得多组新元古代早期的年龄数据 ($878 \text{ Ma} \pm 12 \text{ Ma}$ 、 $875 \text{ Ma} \pm 25 \text{ Ma}$ 、 $867 \text{ Ma} \pm 10 \text{ Ma}$ 、 $864 \text{ Ma} \pm 18 \text{ Ma}$ 、 $820 \text{ Ma} \pm 9 \text{ Ma}$ 等,另文发表)。沿昆中断裂带分布的清水泉蛇绿混杂岩由超基性岩、辉长岩、玄武岩、基性岩墙群和酸性侵入体组成,笔者等已从辉长岩获得 $522 \text{ Ma} \pm 4 \text{ Ma}$ 的单颗粒锆石 U-Pb 年龄数据,表明清水泉蛇绿岩形成于寒武纪早期。

3 结 语

上述 4 个微大陆是在早古生代通过俯冲和碰撞完成了它们之间的汇聚,从而联合成为一个统一的大陆块体,但汇聚前各个微大陆有既相近又有差异的地质发展历史,现简要小结如下。

(1) 根据目前的资料,各个微大陆上均未发现通过颗粒锆石 U-Pb 年龄资料证实的太古宙岩层,而属于太古宙的岩层在相邻的阿尔金阿克塔什塔格和敦煌一带有面积出露(李惠民等,2001;梅华林等,1998)。目前获得的最老 U-Pb 年龄数据来自欧龙布鲁克微大陆的德令哈杂岩和柴达木微大陆的变辉长岩 ($2.3 \sim 2.5 \text{ Ga}$)。此外,还从龙首山岩群、达肯大坂岩群和金水口岩群中获得了较新的古元古代年龄数据,集中在 $1.8 \sim 2.0 \text{ Ga}$ 之间。

(2) 在各个微大陆上都有一套中元古时代的中-低变质的沉积地层,除在龙首山能够见到这套地层与下伏岩层的不整合面外,其余均为断层接触。这套地层以含炭质碳酸盐岩层和含炭质泥质岩层为主,反映其为相对稳定环境中滞水盆地的产物,层序中火山岩极不发育,整体上处在被动大陆边缘的环境之中。

(3) 在各个微大陆上都能发现新元古代早期热-构造事件的地质记录,其中以柴达木微大陆北缘最明显,在该区由新元古代早期的花岗片麻岩组成了一条北西向延伸、长达700 km的岩带,其大地构造意义是不应忽略的。

(4) 在各个微大陆之间均发育了早古生代的结合带,其中包括蛇绿混杂岩、岛弧杂岩、汇聚型杂岩和以榴辉岩为主的高压-超高压变质带。通过早古生代的汇聚,各个微大陆最终联合成为一个统一的陆块,泥盆纪磨拉石建造普遍盖在前泥盆纪岩层之上,其后各个微大陆表现出完全相近的地质演化历史。

(5) 这几个微大陆的地质演化历史与塔里木古大陆很相似,如早期钾长花岗岩的发育、新元古代早期热-构造事件、新元古代晚期的沉积盖层、盖层中冰碛层的出现及泥盆系之下的不整合等,因此这几个微大陆是亲塔里木的微陆块群,但目前尚难以确定它们是否为塔里木大陆边缘裂解的产物,亦不能识别出它们与塔里木大陆最终联合的时间、位置和标志,它们与塔里木大陆之间的关系正在进一步的深入研究之中。

成文过程中与任纪舜院士、潘桂棠和夏林圻研究员深入交换了意见,在此表示衷心的感谢。谨以此文祝贺中国科学院院士沈其韩先生八十高寿,恭祝沈其韩院士为我国前寒武纪研究工作做出更大的杰出贡献。

Reference

- Chen Bingwei, Wang Yanbin and Zuo Guochao. 1995. Terrain subdivision of the Northern Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau and its tectonic evolution[J]. *Acta Geophysica Sinica*, 38(Supplement II): 98~113(in Chinese with English abstract).
- Dobretsov N L, Berzin N A and Buslov M M. 1995. Opening and tectonic evolution of the Paleo-Asian Ocean[J]. *International Geology Review*, 37: 335~360.
- Feng Yimin. 1992. Geotectonic evolution of North Qilian Mountain and adjacent areas since Paleozoic[J]. *Northwest Geological Science*, 13(2): 61~73(in Chinese).
- Feng Yimin, He Shiping. 1996. *Geotectonics and Orogeny of the Qilian Mountains, China*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1~135(in Chinese).
- Guo Jinjing, Zhao Fengqing and Li Huaikun. 1999. Collision granite of the Jinning Period and its significance in the Central Qilian Mountain[J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 20(1): 10~15(in Chinese with English abstract).
- Li Huimin, Lu Songnian, Zheng Jiankang, *et al.* 2001. Dating of 3.6Ga zircon in granite gneiss from the eastern Altyn Mountain and its geological significance[J]. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 20(4): 259~262(in Chinese with English abstract).
- Lu Songnian, Wang Huichu, Li Huaikun, *et al.* 2002. Redefinition of the "Dakendaban Group" on the northern margin of the Qaidam Basin[J]. *Geological Bulletin of China*, 21(1): 19~23(in Chinese with English abstract).
- Mei Hualin, Yu Haifeng, Lu Songnian, *et al.* 1998. Archean tonalite in Dunhuang, Gansu: single zircon U-Pb age and Nd isotope[J]. *Progress in Precambrian Research*, 21(2): 41~45(in Chinese with English abstract).
- Wang Yunshan, Zhuang Qingxing, Shi Congyan, *et al.* 1980. *Quanji Group along the northern border of Chaidamu Basin*[A]. *Sinian Suberathem in China*[C]. Tianjin: Tianjin Science and Technology Press, 214~229.

- Xia Linqi, Xia Zuchun, Ren Youxiang, *et al.* 1998. Volcanism and Metallogenic in Qilian Mountain and Adjacent Areas[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1~ 215(in Chinese).
- Xia Linqi, Xia Zuchun and Xu Xueyi. 1996. Origin on Marine Volcanics in the North Qiling Mountain[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1~ 153(in Chinese).
- Xiao Xuchang, Chen Guoming, Zhu Zhizhi. 1978. Geological tectonics of the ancient ophiolite belt in Qilian Mountain[J]. Acta Geologica Sinica, 4: 281~ 295(in Chinese with English abstract).
- Yang Jingsui, Xu Zhiqin, Li Haibing, *et al.* 1998. Discovery of eclogite in the North Qaidam, northwestern China[J]. Chinese Science Bulletin, 43(14): 1 544~ 1 549(in Chinese).
- Yu Fengchi, Wei Gangfeng, Sun Jidong. 1994. Metallogenic Modal for the Syntectonic Gold Deposits in Black Series—A Case Study of the Tanjianshan Deposit[M]. Xi'an: Northwest University Press, 1~ 130(in Chinese).
- Zhang Jianxin, Wan Yusheng, Xu Zhiqin, *et al.* 2001. Discovery of basic granulite and its formation age in Delingha area, North Qaidam Mountain[J]. Acta Petrologica Sinica, 17(3): 453~ 458(in Chinese with English abstract).
- Zhang Jianxin, Yang Jingsui, Xu Zhiqin, *et al.* 2000. Peak and retrogressive metamorphic ages of eclogites in the north margin of Qaidam: evidence from U–Pb and Ar–Ar isotopic ages[J]. Geochimica., 29(3): 217~ 222(in Chinese with English abstract).
- Zuo Guochao, Liu Jidong. 1987. Geotectonic evolution of the Early Paleozoic in North Qilian Mountain[J]. Geological Science, (1): 14~ 24(in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 陈炳蔚,王彦斌,左国朝. 1995. 青藏高原北部地体划分及其构造演化[J]. 地球物理学报, 38(增刊 II): 98~ 113.
- 冯益民. 1992. 北祁连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, 13(2): 61~ 73.
- 冯益民, 何世平. 1995. 祁连山大地构造与造山作用[M]. 北京: 地质出版社, 1~ 135.
- 郭进京, 赵凤清, 李怀坤. 1999. 中祁连东段晋宁期碰撞型花岗岩及其地质意义[J]. 地球学报, 20(1): 10~ 15.
- 李惠民, 陆松年, 郑健康, 等. 2001. 阿尔金山东端花岗岩片麻岩中 3.6 Ga 锆石的地质意义[J]. 矿物岩石地球化学通报, 20(4): 259~ 262.
- 陆松年, 王惠初, 李怀坤, 等. 2002. 柴达木盆地北缘“达肯大坂群”的再厘定[J]. 地质通报, 21(1): 19~ 23.
- 梅华林, 于海峰, 陆松年, 等. 1998. 甘肃敦煌太古宙英云闪长岩: 单颗粒锆石 U–Pb 年龄和 Nd 同位素[J]. 前寒武纪研究进展, 21(2): 41~ 45.
- 王云山, 庄庆兴, 史从彦, 等. 1980. 柴达木北缘的全吉群[A]. 中国震旦亚界[C]. 天津: 天津科学技术出版社, 214~ 229.
- 夏林圻, 夏祖春, 任有祥, 等. 1998. 祁连山及邻区火山作用与成矿[M]. 1996. 北京: 地质出版社, 1~ 215.
- 夏林圻, 夏祖春, 徐学义. 1996. 北祁连山海相火山岩岩石成因[M]. 北京: 地质出版社, 1~ 153.
- 肖序常, 陈国铭, 朱志直. 1978. 祁连山古蛇绿岩带的地质构造[J]. 地质学报, 4: 281~ 295.
- 于凤池, 魏刚锋, 孙继东. 1994. 黑色岩系同构造金矿床成矿模式——以滩间山金矿床为例[M]. 西安: 西北大学出版社, 1~ 130.
- 杨经绥, 许志琴, 李海兵, 等. 1998. 我国西部柴北缘地区发现榴辉岩[J]. 科学通报, 43(14): 1 544~ 1 549.
- 张建新, 万渝生, 许志琴, 等. 2001. 柴达木北缘德令哈地区基性麻粒岩的发现及其形成时代[J]. 岩石学报, 17(3): 453~ 458.
- 张建新, 杨经绥, 许志琴, 等. 2000. 柴北缘榴辉岩的峰期和退变质年龄: 来自 U–Pb 及 Ar–Ar 同位素测定的证据[J]. 地球化学, 29(3): 217~ 222.
- 左国朝, 刘奇栋. 1987. 北祁连早古生代大地构造演化[J]. 地质科学, (1): 14~ 24.