

南天山蛇绿混杂岩中放射虫化石的时代及其构造意义

舒良树, 王博, 朱文斌

南京大学地球科学系, 210093

内容提要:塔里木北缘南天山蛇绿混杂岩带沿乌瓦门、库勒湖、依奇科里克、黑英山等地分布, 黑英山段蛇绿混杂岩以梅什布拉克牧场一带出露最好。该蛇绿岩时代的确定事关天山造山带形成与演化历史的认识。对采自梅什布拉克蛇绿混杂岩带基质中的 20 多件硅质岩进行了薄片观察, 从中挑选出若干件代表性硅质岩和硅质泥岩做微古化石鉴定, 从中发现较多放射虫化石, 属于内射虫类和原笼虫类, 时代为晚泥盆世法门期—早石炭世杜内期—维宪期, 早石炭世代表南天山洋盆关闭的年龄下限, 或构造混杂的早期年龄。结合区域地质及其前人研究成果, 认为南天山的乌瓦门、库勒湖、依奇科里克、黑英山各段蛇绿岩在物质组成与时空延伸上均有可比性, 共同构成一个大型的南天山晚古生代构造缝合带。现有资料不支持南天山存在晚二叠世洋盆的认识。

关键词: 硅质岩; 蛇绿混杂岩; 放射虫化石; 黑英山; 南天山

在塔里木北缘的南天山, 出露一条在我国境内断续延伸 600 km 以上的蛇绿混杂岩带, 主要露头分布在库米什、乌瓦门、库勒湖、依奇科里克、黑英山等地, 走向近东西。各主要地段蛇绿混杂岩的几何学、岩石地球化学、构造运动学特征均已被详细研究, 多趋向于南天山洋盆关闭、碰撞造山产物的认识(肖序常等, 1992; 张弛等, 1992; 郭召杰等, 1993; 何国琦等, 1994; 汤耀庆等, 1995; 高俊, 1995; 舒良树等, 1996; 马瑞士等, 1997; Allen et al., 1999; Shu et al., 2002; Li et al., 2003; 董云鹏等, 2005; 李锦轶等, 2006a, 2006b; Wang et al., 2007), 但形成时间尚未取得共识。新疆地质矿产局(1993)最早将其划归为华里西早期即早泥盆世; 肖序常等(1992)根据额尔宾山-霍拉山超镁铁岩侵位于泥盆系或逆冲于石炭系之上的地质关系, 认为包括黑英山在内的南天山蛇绿混杂岩带形成于晚古生代早期; 王作勋等(1990)通过哈尔克山蛇绿混杂岩中硅质岩放射虫化石的研究, 将南天山蛇绿岩时代归为早古生代晚期; 郝杰等(1993)则认为南天山蛇绿岩形成于志留纪, 并经历了泥盆纪—石炭纪的变形改造; 汤耀庆等(1995)、Gao Jun 等(1998)在库勒湖蛇绿混杂岩的硅质岩中发现中、晚泥盆世—早石炭世放射虫和牙形刺微古化石; Liu Yu(2001)、Liu Yu 等(2006)分

别在拜城县黑英山和独库公路铁力买提大坂剖面的蛇绿混杂岩中发现早石炭世和晚泥盆世的放射虫。Li Yuejun 等(2002, 2005)先后在南天山阿合奇以西 60~80 km 处的上石炭统艾克提克群(C_2ak)和志留系乌帕塔尔坎组(S_3w)中发现了时代跨度很大的早石炭世—晚二叠世放射虫化石, 提出南天山残留洋直至二叠纪末才关闭的新认识。由此可见, 塔里木北缘南天山蛇绿混杂岩带的形成时代仍然是个争议问题, 影响到整个天山造山带构造演化的认识。

笔者曾做过镁铁质岩 SHRIMP U-Pb 法的年龄测试工作, 终因锆石的量少粒细未能如愿, 故此开展硅质岩中放射虫的定年工作。在为期 30 天区域地质路线考察的基础上, 挑选交通方便、露头连续的拜城县黑英山乡梅什布拉克剖面进行系统观察与采样。在该剖面上, 蛇绿岩套的各岩石成员均见出露, 包括变质橄榄岩、二辉石橄榄岩、辉长岩、玄武岩、玄武安山岩、斜长角闪石岩、硅质岩、灰岩等, 基质为板岩化的泥砂质浊积岩, 变质微弱, 但构造混杂、褶皱破碎较强。在蛇绿混杂岩基质中, 笔者等共采集了 20 多件硅质岩、硅质泥岩、薄层状硅质灰岩等微体古生物样品, 以期获取标准时代的微体化石, 探讨南天山构造混杂岩的形成时代和区域构造意义。

注: 本文为国家地质调查局项目(编号 1212010611806)、国家重点基础研究发展计划“973”项目(编号 2007CB411301)及国家自然科学基金(编号 40573038)资助成果。

收稿日期: 2007-04-12; 改回日期: 2007-06-08; 责任编辑: 周健。

作者简介: 舒良树, 男, 博士, 教授, 主要从事构造地质学研究。Email: Lsshu2003@yahoo.com.cn。

1 地质特征

南天山夹持在中天山南缘断裂与塔里木北缘断裂(乌恰-库尔勒-乌瓦门-库米什断裂)之间,是哈萨克斯坦板块(或伊犁地块)和塔里木板块会聚拼贴而成的碰撞造山带(李锦轶等,2006a)。它的地层和生物群落,既有塔里木的特征,又有哈萨克斯坦的影响(汤耀庆等,1995;李锦轶,1995;Gao et al.,1998;李锦轶等,2004,2006b)。南天山发育在元古宙变质基底之上,自奥陶纪起到二叠纪,发育了一套厚度很大的碳酸盐岩-碎屑岩地层,含丰富的动植物化石。其中奥陶系以碳酸盐岩为主,出露零星;志留系以复理石为主,厚达3000 m。

梅什布拉克蛇绿混杂岩残留出露在南天山南缘,分布在一个近南北向的大山谷中。地理位置上,

位于拜城县北东60 km、黑英山乡政府西侧约35 km处,紧邻梅什布拉克牧场,交通方便。该地段出露的岩层均属古生界,沿NE40°方向延伸,由3套构造-地层单元组成(图1),层序北老南新,分别为:①下部单元(北带),由片岩、千枚岩化的早古生代碎屑岩、火山碎屑岩和碳酸盐岩组成;②中部单元(中带),为晚古生代蛇绿混杂岩,由异地岩块与基质构成(图2);③上部单元(南带),由未变质、中等变形的晚古生代灰岩、生物碎屑灰岩、泥灰岩组成(图2)。其中,北带的变质岩与蛇绿混杂岩带为断层接触,南带的早一中石炭世砂岩-灰岩岩层角度不整合覆盖在混杂岩之上(见下),局部以断裂接触。

下部单元(北带)由下一中志留统合同沙拉群($S_{1-2}ht$;大理岩、变粒岩和片岩)、晚志留统穹库什太组(S_3q ;强烈片理化的碎屑岩、大理岩和火山碎屑

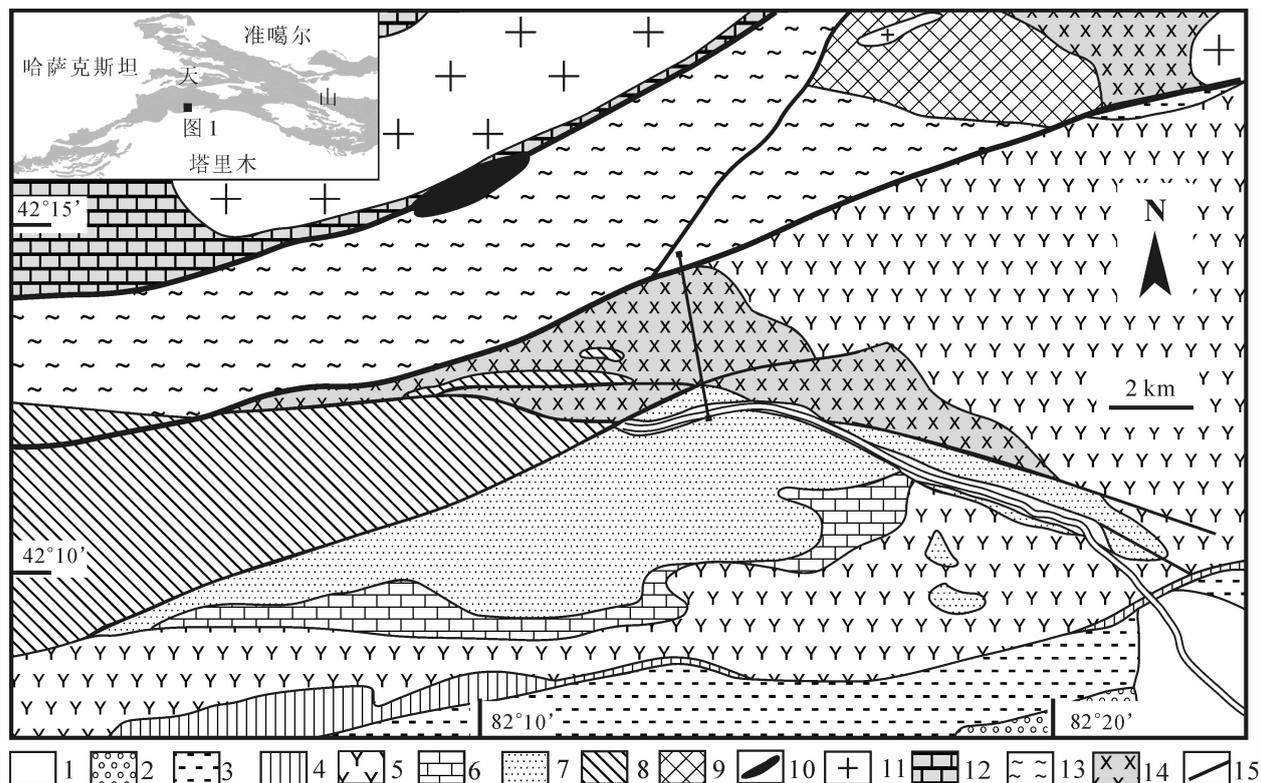


图1 塔里木北缘南天山黑英山地区地质简图

Fig. 1 Simplified geologic map of Heiyingshan section, South Tianshan belt on the northern margin of Tarim basin
1—第四系;2—J含煤粉砂岩;3—T含煤泥岩砂岩、粉砂岩;4—P₁₋₂砂岩、粉砂岩、泥岩;5—P₁碱性火山岩;6—C₃粉砂岩、生物屑灰岩;7—C₁灰岩、砂岩;8—C₁生物屑灰岩、泥岩砂岩;9—S₃灰岩、砂岩;10—超镁铁质岩;11—古生代花岗岩;12—S₁₋₂大理岩;13—S₃绿片岩;14—蛇绿混杂岩;15—断层

1—Quaternary System; 2—Jurassic coal-bearing siltstone; 3—Triassic coal-bearing siltstone; 4—Early-Middle Permian sandstone, siltstone and mudstone; 5—Early Permian alkaline volcanic rocks; 6—Late Carboniferous siltstone and bioclastic limestone; 7—Early Carboniferous limestone and sandstone; 8—Early Carboniferous bioclastic limestone and muddy sandstone; 9—Late Silurian limestone and sandstone; 10—ultramafic rocks; 11—Paleozoic granites; 12—Early-Middle Silurian marble; 13—Late Silurian greenschist; 14—ophiolitic melange; 15—fault

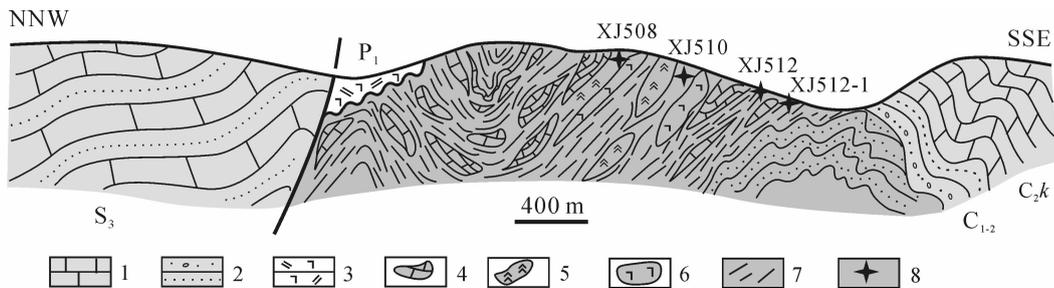


图2 黑英山蛇绿混杂岩剖面图与采样位置

Fig. 2 Geological cross section of the ophiolitic mélangé in Heiyingshan showing the sampling locations

1—灰岩、大理岩；2—砾岩、砂岩；3—双峰式火山岩；4—混杂岩中灰岩团块；5—混杂岩中超镁铁岩团块；
6—混杂岩中玄武岩团块；7—混杂岩基质；8—放射虫硅质岩

1—Limestone and marble; 2—conglomerate and sandstone; 3—bimodal volcanic rocks; 4—limestone block in ophiolitic mélangé;
5—ultramafic rock block in ophiolitic mélangé; 6—basalt block in ophiolitic mélangé; 7—groundmass of
ophiolitic mélangé; 8—radiolarian-bearing chert

岩)、阿克牙子组(S_3a ; 砂岩为主)和乌帕塔尔坎组(S_3w ; 碳酸盐岩)组成。灰岩中富含珊瑚类、腕足类、腹足类、层孔虫类和三叶虫化石。

中部单元(中带)由时代不明的异地岩块与复理石基质构成。异地岩块成分复杂、形态各异、大小不均;小则几十厘米,大到几百米。多呈透镜状产出,无根。岩石薄片观察表明,异地岩块成分包括变质橄榄岩、辉石橄榄岩、辉长岩、辉绿岩、枕状玄武岩、玄武岩、硅质岩、灰岩、砂岩等。辉长岩呈粗粒状,辉石与拉长石结晶程度好,均呈自形,部分辉石因退变质已变为角闪石;橄榄岩已发生强烈蛇纹岩化水热蚀变。沉积岩块(灰岩、砂岩和硅质岩)中常保留清晰的层理和顶底关系。包裹异地岩块的基质由原地堆积的泥砂质复理石和硅质岩组成,均已遭受强烈的褶皱和剪切变形,片理化普遍发育,层面和片理面近平行,局部可见复杂褶皱构造。

硅质岩与枕状玄武岩往往整合产出,硅质岩紧贴于枕状玄武岩之上。位于枕状玄武岩之下的是蛇纹石化纯橄岩和粗晶辉石岩、辉长岩。硅质岩层厚度从5 m到20 m不等。在与异地岩块接触的基质(泥砂质复理石和硅质岩)中,常见微细层理构造,也见硅质岩-硅质泥岩基质的片理面环绕异地岩块的现象,推测该变形可能为同沉积变形,形成时代与混杂堆积时代相当。

上部单元(南带)由一系列石炭纪和二叠纪岩石地层组成。下石炭统包括干草湖组(C_{1g})和野云沟组(C_{1y}),以碎屑岩(砾岩、砂岩、粉砂岩和砂质灰岩)为主,富产微古植物化石;中、上石炭统包括卡拉苏组(C_{2k})和康克林组(C_{3k}),以生物碎屑灰岩为主,夹有砂岩、粉砂岩和泥岩,灰岩中产大量腕足类、

珊瑚和少量腹足类化石。二叠系则包括小提坎力克组(P_{1x})和库尔干组(P_{1k})以及比尤勒包谷孜组(P_{2b});其中下二叠统主要由双峰式火山岩、火山碎屑岩和陆相碎屑岩组成,上二叠统则由陆源碎屑岩构成,含大量植物和动物化石。

在梅什布拉克牧场西侧的沟谷中,见下一中石炭统砂岩-粉砂岩(厚约100 m,产状 $180^\circ/65^\circ$,无时代依据)连同中石炭统卡拉苏组生物碎屑灰岩岩层(C_{2k})(产状 $180^\circ/65^\circ$)角度不整合覆盖于褶皱变形的蛇绿混杂岩岩层(优势产状 $50^\circ/45^\circ$)之上(图2),在不整合面之上的黑色厚层状灰岩中见到了小拇指粗的珊瑚和腕足类化石;前人定该灰岩岩层时代为中石炭世(C_{2k})(新疆地质矿产局,1993)。

2 硅质岩采样与处理

用作微体古生物研究的硅质岩样品(硅质岩、硅质泥岩和泥质硅质岩)均采自上述中部单元(中带)。我们知道,只有位于枕状玄武岩之上的放射虫硅质岩才能真正代表洋壳以及残余洋壳的时代(Murray et al., 1990; 王玉净等, 2001)。对此,笔者采样时特别注意系统采集紧贴于黑绿色玄武岩层之上的新鲜硅质岩样品,或与玄武岩互层的层纹状硅质泥岩样品。采样范围位于 $N42^\circ 14.09'$, $E82^\circ 12.52'$ 与 $N42^\circ 12.68'$, $E82^\circ 132.66'$ 之间。采得样品共22件,每件样品重量约1 kg。所有样品均未发生强烈变形。其中,硅质岩和泥质硅质岩呈浅灰色,薄—中层状,坚硬,裂隙少,新鲜面可见一系列白色斑点,疑为放射虫化石;硅质泥岩呈淡绿色,薄层状,纹层-条带构造,易破碎,表面分布密集的深色斑点。

镜下观察表明,可疑放射虫硅质岩、泥质硅质岩

含有较多生物碎屑,环形构造与壁状结构发育;可疑含放射虫硅质泥岩中可见类似于环状构造的生物碎屑,但结构较模糊。在薄片观察的基础上,选择生物碎屑丰富、结构保存较好、可疑含有放射虫的6件样品(XJ508、XJ510、XJ512、XJ512-1、XJ511和XJ516),送中国科学院南京地质古生物研究所进行微体化石鉴定。所有样品的泡酸处理、属种鉴定和图版制作等均由王玉净研究员完成。

本次研究中,我们还考察了距黑英山西南约450 km处阿合奇县托什干河附近的乌帕塔尔坎群(S—D₂wp)剖面。该地层单元由灰岩、复理石、硅质岩、凝灰岩和火山岩组成。露头考察表明,灰岩和火山岩多以巨大的团块(达数百米宽)形式出现,而复理石和硅质岩则位于这些团块之间,属于构造混杂岩。对采自灰绿色硅质岩的样品进行切片观察后发现,4件硅质岩样品中含有大量圆杆状生物碎屑,疑为放射虫化石。经送南京古生物研究所王玉净研究员泡酸处理、鉴定分析,认为这些生物碎屑难辨种属,不能定其时代。

3 放射虫鉴定结果

鉴定结果表明,受构造作用的影响,XJ511和XJ516样品发生过重结晶,内部构造已经受到严重破坏,无法鉴定其属种名称。选送的另外4件硅质岩样品XJ508、XJ510(图版I)和XJ512、XJ512-1(图版II)未受破坏,所含放射虫化石保存较好,结构构造完好(图版I,II)。鉴定出的放射虫主要有6个属,包括*Stigmosphaerostylus*(图版I-1~8, I-12, I-20~24;图版II-1~14, II-30~34, II-36)、*Archocyrtium*(图版I-16~18,图版II-16~29)、*Pylentonema*(图版I-13,14,19,图版II-15,26)、*Astroentactinia*(图版I-15)、*Triaenosphaera*(图版I-9)、*Trilonche*(图版I-10~11)。这些放射虫属于内射虫类和原笼虫类。其中,*Stigmosphaerostylus variospina*, *Archocyrtium mludicrum*, *A. venustum*, *A. delicatum*分布于世界各地的晚泥盆世—早石炭世地层中,*S. vulgaris*, *S. wuppertalensis*, *S. typical*, *Pylentonema antiqua*等种在欧洲和中国常见于早石炭世杜内期—维宪期地层中。这些属种,与研究区北侧阿尔腾卡什蛇绿岩带硅质岩中的早石炭世放射虫(Liu Yu, 2001)非常相似,和研究区东侧库勒湖蛇绿混杂岩带硅质岩中所含晚泥盆世放射虫分子(汤耀庆等,1995;Gao et al., 1998; Liu Yu et al.,

2006)也很相近。

与产自新疆卡拉麦里蛇绿混杂岩带硅质岩中的放射虫(舒良树等,2003)相比,不仅含有大量法门期*Holoeciscus foremanae*带的放射虫属,而且含有较多杜内期—维宪期*Albaillella paradoxa*带的放射虫,如广泛分布在北美、德国、法国、土耳其、中国、泰国、马来西亚的*Astroentactinia cf. mirousi* Gourmelon(图版I-15)、广泛分布在法国、中国、泰国的*Pylentonema cf. racheboeufi* Gourmelon(图版II-15)、广泛分布在德国、法国、中国的*Stigmosphaerostylus wuppertalensis*(Won)(图版II-13,14)以及广泛分布在德国、中国的*Stigmosphaerostylus cf. typical*(Won)(图版II-12)和*Trilonche almae*(Won)(图版I-10,11)。

据此,黑英山蛇绿混杂岩带硅质岩中放射虫属种的时代为晚泥盆世法门期—早石炭世杜内—维宪期(D₃—C₁)。

4 讨论

4.1 蛇绿混杂岩的时代

关于用硅质岩中放射虫来约束蛇绿岩形成时代的问题,王玉净等(2001)根据实践和对比研究提出,只有产于蛇绿岩套上部单元、紧贴枕状熔岩产出的放射虫硅质岩才能真正代表残余洋盆(蛇绿岩)的晚期年龄。如同一地点采获多组不同时代的放射虫化石,则最年轻的时代应该代表蛇绿混杂作用的初期年龄。可靠的不整合接触关系是非常重要的构造事件时代证据。对那些不与枕状熔岩共存的放射虫硅质岩、对那些以构造岩片、无根透镜体等形式出现的放射虫硅质岩,其时代则具多义性,即这种硅质岩块既可能是蛇绿岩套的一部分,也可能是被构造混杂来的早期非蛇绿岩套的硅质岩,还可能是蛇绿混杂岩形成之后因后期构造作用卷入的年轻硅质岩(郭令智等,1996;王博等,2001)。这种更老的或后期的含放射虫硅质岩不一定形成于洋盆环境。因而在放射虫硅质岩研究中,应该特别注意硅质岩与枕状熔岩之间的接触关系。已经报道的新疆巴音沟(肖序常等,1992)、黑英山阿尔腾卡什(Liu Yu, 2001)、卡拉麦里(舒良树等,2003)、铁力买提大坂(Liu Yu et al., 2006)以及本文黑英山梅什布拉克等多处蛇绿岩带中的硅质岩符合此条件,其放射虫时代是可信的。

前人在黑英山梅什布拉克蛇绿岩带(中部单元)的灰岩团块体中,曾发现丰富珊瑚类、腕足类、腹足

类化石,其时代定为晚志留世一早泥盆世(S_3-D_1) (新疆地质矿产局,1993),认为这就是该蛇绿混杂岩的形成时代。我们考察证实这些含化石灰岩为异地岩块,它们与镁铁-超镁铁岩、硅质岩等块体以及复理石、硅质泥岩基质杂乱混杂,构成混杂堆积体,因而这些灰岩团块中的化石时代可以代表灰岩的沉积年龄,但不能代表蛇绿混杂岩的形成时代。显然,蛇绿混杂岩的形成时代应该晚于灰岩的化石年龄,而应与紧贴枕状熔岩产出的放射虫硅质岩年龄相近、或者和包绕这些放射虫硅质岩的基质硅质泥岩的年龄相近。本次研究,既从该蛇绿混杂岩的异地硅质岩岩块、又从硅质泥岩基质中分离出了相同时代(晚泥盆世一早石炭世)的放射虫化石。

李锦轶等(2006a, 2006b)研究提出,天山山脉的地质演化经历了石炭纪末至二叠纪初同碰撞-后碰撞构造岩浆活动阶段、二叠纪早-中期幔源岩浆活动与壳幔相互作用阶段和二叠纪晚期以来的陆内演化阶段;认为南天山古洋盆最终结束于石炭纪末期。Klemd 等(2005)对昭苏县以南的西南天山榴辉岩-蓝片岩中白云母作 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 测年,获 323~312 Ma 数据,代表继 350~345 Ma 石榴子石相峰期变质作用之后发生的蓝片岩相岩石折返时间。换言之,350~345 Ma 相当于同碰撞时间,323~312 Ma 相当于后碰撞时间。Liu Yu (2001)曾在黑英山阿尔腾卡什组发现 9 属 15 种保存完好的放射虫化石,以球形多囊虫类 *Entactiniidae* 科占优势,与德国莱茵和法兰克福早石炭世放射虫动物群可对比,故定其时代为早石炭世。最近,Liu Yu 等(2006)在研究区东侧库车县铁力买提大坂剖面发现了一批保存完好、分异度高的放射虫化石,其 *Pylentonemids* 既具有罩笼虫 (*Nassellaria*) 特征,又具有泡沫虫 (*Spumellaria*) 特征,该放射虫时代定为晚泥盆世。本研究所获的成果,与这些学者的结论是一致的,即南天山残留放射虫化石的时代集中在晚泥盆世法门期一早石炭世杜内期,早石炭世杜内期代表洋盆关闭以及蛇绿混杂作用的早期年龄。

值得注意的是,Li Yuejun 等(2002, 2005)在南天山西端阿合奇县一带乌帕塔尔坎群中既采获到大量早石炭世早期的放射虫化石,以 *Albaillella* sp. cf. *A. undulata* Deflandre, *Albaillella* sp. cf. *A. paradoxa* Deflandre, *Albaillella* cf. *A. deflandrei* Gourmelon 等为代表,同时还发现晚二叠世的放射虫化石,以 *Albaillella* sp. cf. *Albaillella excelsa* Ishiga, Kito and Imoto 为代表。据此,认为南天山

西端在晚二叠世可能存在一个残余的洋盆。然而,晚二叠世存在残余洋盆的推理,目前尚未得到地质事实的支持(见下)。

4.2 地质意义

笔者在黑英山梅什布拉克采获到的晚泥盆世法门期一早石炭世杜内期放射虫化石、笔者在梅什布拉克剖面观察到的下一中石炭统与蛇绿混杂岩的不整合关系以及不整合面之上时代为中石炭世的厚层含珊瑚和腕足类生物屑灰岩,均表明南天山地区自早一中石炭世开始,虽然水体深度明显变浅,深海环境已告结束,但洋盆并未消亡,而是由深海一半深海转变成了生物繁茂的浅海或大陆架沉积环境。笔者曾经在研究区东延的和静县巴仑台北侧、在库米什北侧干沟公路 221~220 里程碑之间和 214 碑附近 ($N42^{\circ}23.91', E82^{\circ}31.36'$), 数处见到早石炭世暗紫色复成分砾岩、砂砾岩岩层 ($160^{\circ}/40^{\circ}$) 角度不整合覆盖在晚志留世灰绿色片岩、千枚岩 ($190^{\circ}/80^{\circ}$) 之上,砂砾岩层向上逐渐过渡为灰黑色生物碎屑灰岩(含中石炭世珊瑚和腕足类化石),映证天山地区晚古生代早期发生过一次使洋盆缩小、海水变浅的构造活动;因不整合面之上粗碎屑岩层很快变为生物碎屑灰岩,推测它是一次短暂的构造抬升作用。另一方面,笔者在库车县东风煤矿北侧观察到的下二叠统红色磨拉石岩系、下二叠统及其之上的陆相碎屑岩系、以及广泛发育在塔里木盆地及其周缘山体中的早二叠世碱性玄武岩或基性岩墙,则表明新疆北部绝大部分地区在早二叠世已经结束洋盆历史,开始隆升,已经进入后碰撞拉张期或陆内岩浆活动期,故洋盆不大可能到二叠纪晚期才闭合。

王学潮等(1995)对库勒湖蛇绿混杂岩中辉长岩中的斜长石定年,获 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄值 330~335 Ma; Gao 等(2003)对西南天山退变质蓝片岩中新生白云母测年,获 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄值 350~345 Ma,因而他们认为天山地区从早石炭世开始,已经发生陆壳的碰撞增生。Liu Yu (2001)、Klemd 等(2005)和李锦轶等(2006a, 2006b)根据新生白云母测年数据、不整合地质证据和后碰撞期岩浆侵入时代及其地球化学属性,推断南天山洋盆的最终关闭时间为晚石炭世。结合本研究以及其他学者获得的放射虫化石年龄,认为这一推论是合理的,即南天山洋盆从晚泥盆世一早石炭世开始萎缩变浅、到晚石炭世最终闭合,其地球动力学来源是哈萨克斯坦板块与塔里木板块的会聚拼贴。

本研究成果与 Li Yuejun 等(2002, 2005)南天

山洋盆最终关闭在晚二叠世的认识存在较大差异。但是,这些作者提供的关键证据只是两个可疑的晚二叠世放射虫化石 *Albaillella* sp. cf. *A. excelsa* (Li et al., 2002, 2005)。在我国云南西部孟连阿里地区,吴浩若等(1989)曾描述这个种,为高圆锥形壳体,壳高约为壳宽的3倍。有10个或更多的水平方向盘旋的横带,有时外表平滑无条带,顶部略弯曲,弯曲的内侧有一个较大的翼自壳体中部向外伸出。从Li等(2002, 2005)发表的图影观察,2002年的这个比较种保存不完整,又缺少腹翼,难以鉴定这个种;2005年的这个比较种则保存更差,图上出现可疑的背翼,无腹翼,也很难鉴定这个种。因此,这些证据不能信服地证实南天山地区存在晚二叠世洋盆。而作者们提供的大量放射虫化石组合时代为早石炭世,这与Liu(2001)、Liu等(2006)及本文放射虫化石所指示的时代相似。

因此,南天山的乌瓦门—库勒湖—依奇科里克—黑英山—色日克亚伊拉克一带的蛇绿混杂岩形成于晚泥盆世晚期—早石炭世,早石炭世代表南天山洋盆关闭的时代下限,或蛇绿混杂作用的早期年龄。

5 结论

(1)南天山黑英山地区的岩层由3个古生代的构造-地层单元组成,即下部志留系单元(绿片岩相变质变形的碎屑岩、大理岩和火山碎屑岩)、中部蛇绿混杂岩单元、上部沉积岩单元(石炭纪和二叠纪的陆缘碎屑岩)。蛇绿混杂岩与下部单元断层接触,其上被上部单元的下一中石炭统不整合覆盖。

(2)在黑英山蛇绿混杂岩中紧贴枕状熔岩产出的硅质岩团块和包绕团块的基质硅质泥岩中,均采获丰富的放射虫化石,属于内射虫类和原笼虫类,其时代为晚泥盆世法门期—早石炭世杜内期—维宪期,早石炭世代表南天山洋盆关闭的时代下限,或蛇绿混杂作用的早期年龄。

(3)该蛇绿混杂岩区段的形成时代与南天山其他蛇绿混杂岩区段(如乌瓦门、库勒湖、依奇科里克、色日克亚伊拉克)的时代可以对比,可称为乌瓦门—库勒湖—依奇科里克—黑英山—色日克亚伊拉克晚古生代蛇绿混杂岩带,是南天山洋盆闭合、构造混杂而成的混杂岩带。自早—中石炭世开始,南天山洋盆已经从深海—半深海环境转变为生物繁茂的浅海环境,并在晚石炭世最终闭合,碰撞造山。从二叠纪早—中期开始,进入大规模玄武岩浆活动—壳幔相互

作用以及陆内走滑韧剪变形演化阶段。

致谢:法国奥尔良大学地球科学院 FAURE Michel 教授参加了2005年的野外工作,研究与写作过程中得到李锦轶研究员、王玉净研究员的很多帮助,受益匪浅。样品处理和放射虫鉴定、图影制作由王玉净研究员完成。本项研究还得到过新疆国家973项目办公室的领导和专家、得到过郭召杰教授、王涛研究员、肖文交研究员的支持与帮助,一并致谢。

参 考 文 献

- 董云鹏,周鼎武,张国伟,张成立,夏林圻,徐学义,李向民. 2005. 天山南缘乌瓦门蛇绿岩形成构造环境. 岩石学报, 21(1): 37~44.
- 高俊,汤耀庆,赵民,王军. 1995. 新疆哈尔克山蛇绿岩的形成环境. 地球科学-中国地质大学学报, 20(6): 682~688.
- 郭令智,卢华复,施央申. 1996. 江南中-新元古代岛弧的运动学和动力学. 高校地质学报, 2(1): 1~13.
- 郭召杰,马瑞士,郭令智,施央申. 1993. 新疆东部三条蛇绿混杂岩带的比较研究. 地质论评, 39(3): 236~247.
- 何国琦,李茂松,刘德权,等. 1994. 中国新疆古生代地壳演化及成矿. 乌鲁木齐:新疆人民出版社, 1~437.
- 郝杰,刘小汉. 1993. 南天山蛇绿混杂岩形成时代及大地构造意义. 地质科学, 28(1): 93~95.
- 李锦轶. 1995. 新疆东准噶尔蛇绿岩的基本特征和侵位历史. 岩石学报, 11(增刊): 73~84.
- 李锦轶,徐新. 2004. 新疆北部地质构造和成矿作用的主要问题. 新疆地质, 22(2): 1~15.
- 李锦轶,何国琦,徐新,李华芹,孙桂华,杨天南,高立明,朱志新. 2006a. 新疆北部及邻区地壳构造格架及其形成过程的初步探讨. 地质学报, 80(1): 148~168.
- 李锦轶,王克卓,李亚萍,孙桂华,褚春华,李丽群,朱志新. 2006b. 天山山脉地貌特征、地壳组成与地质演化. 地质通报, 25(8): 895~909.
- 舒良树,王赐银,马瑞士. 1996. 南天山北缘麻粒岩残迹与辉石相韧性变形特征. 地质科学, 31(4): 375~383.
- 舒良树,王玉净. 2003. 新疆卡拉麦里蛇绿岩带中硅质岩的放射虫化石. 地质论评, 49(4): 408~412.
- 汤耀庆,高俊,赵民,李锦轶,王军. 1995. 西南天山蛇绿岩和蓝片岩. 北京:地质出版社, 1~133.
- 王博,舒良树. 2001. 对赣东北晚古生代放射虫的初步认识. 地质论评, 47(4): 337~344.
- 王学潮,何国琦,李茂松,高俊,陆书宁. 1995. 南天山南缘蛇绿岩岩石化学特征及同位素年龄. 河北地质学院学报, 18(4): 295~302.
- 王玉净,舒良树. 2001. 中国蛇绿岩带形成时代研究中的两个误区. 古生物学报, 40(4): 529~532.
- 王作勋,邹继易,吕喜朝,张经国,刘成德. 1990. 天山多旋回构造演化与成矿. 北京:科学出版社.
- 吴浩若,李红生. 1989. 滇西孟连地区的石炭纪和二叠纪放射虫化石. 微体古生物学报, 6(4): 337~343.
- 肖序常,汤耀庆,冯益民,朱宝清,李锦轶,赵民. 1992. 新疆北部及其邻区大地构造. 北京:地质出版社, 48~67.
- 新疆地质矿产局. 1993. 新疆维吾尔自治区区域地质志. 北京:地

- 质出版社, 1~841.
- 张弛, 黄莹. 1992. 新疆西准噶尔蛇绿岩形成时代和环境的探讨. 地质论评, 38(6): 509~524.
- Allen M B, Vincent S J, Wheeler P J. 1999. Late Cenozoic tectonics of the Kepingtage thrust zone: Interactions of the Tien Shan and Tarim basin, northwest China. *Tectonics*, 18(4): 639~654.
- Dong Y P, Zhou D W, Zhang G W, Zhang C L, Xia L X, Xu X Y, Li X M. 2005. Tectonic setting of the Wuwamen ophiolite at the southern margin of the Middle Tianshan belt. *Acta Petrologica Sinica*, 21(1): 37~44.
- Gao Jun, Tang Yaoqing, Zhao Min, Wang Jun. 1995. The formation environment of ophiolites in Haerk Mountains, Xinjiang. *Earth Science-Journal of China University of Geosciences*, 20(6): 682~688.
- Gao Jun, Li Maosong, Xiao Xuchang, Tang Yaoqing, He Guoqi. 1998. Paleozoic tectonic evolution of the Tianshan orogen, northwestern China. *Tectonophysics*, 287: 213~231.
- Gao J, Klemd R. 2003. Formation of HP-LT rocks and their tectonic implications in the western Tianshan Orogen, NW China; geochemical and age constraints. *Lithos*, 66: 1~22.
- Guo Lingzhi, Lu Huafu, Shi Yangsheng. 1996. On the? Mesoproterozoic-Neoproterozoic Jiangnan island arc: its kinematics and dynamics. *Geological Journals of Universities*, 2(1): 1~13.
- Guo Zhaojie, Ma Ruishi, Guo Lingzhi, Shi Yangshen. 1993. Comparison of three ophiolitic m lange zones in the Eastern Xinjiang. *Geological Review*, 39(3): 236~247.
- He Guoqi, Li Maosong, Liu Dequan, Zhou Nuhong. 1994. Paleozoic crustal evolution and mineralization in Xinjiang of China. Urumqi: Xinjiang People's Publishing House, 437pp (in Chinese with English abstract).
- Hao Jie, Liu Xiaohan. 1993. Ophiolite melange time and tectonic evolutionary model in South Tien Shan area. *Scientia Geologica Sinica*, 28(1): 93~95.
- Klemd R, Bröcker M, Hacker B R, Gao J, Gans P, Wemmer K. 2005. New age constraints on the metamorphic evolution of the high-pressure/low-temperature belt in the western Tianshan Mountains, NW China. *The Journal of Geology*, 113: 157~168.
- Li Jinyi. 1995. Main characteristics and emplacement processes of the East Junggar ophiolites, Xinjiang, China. *Acta Petrologica Sinica*, 11(suppl.): 73~84.
- Li Jinyi, Xiao Wenjiao, Wang Kezhuo, Sun Guihua, Gao Liming. 2003. Neoproterozoic-Paleozoic tectonostratigraphy, magmatic activities and tectonic evolution of eastern Xinjiang, NW China. In: Mao, Goldfarb, Seltmann, Wang, Xiao, Hart (eds), *Tectonic evolution and metallogeny of the Chinese Altay and Tianshan. Proceedings of the International Symposium of the IGCP-473 Project, IAGOD Guidebook Series 10, CERCAMS/NHM London*: 31~74.
- Li Jinyi, Xu Xin. 2004. Major problems on geologic structures and metallogenesis of northern Xinjiang, Northwest China. *Xinjiang Geology*, 22(2): 1~15.
- Li Jinyi, He Guoqi, Xu Xin, Li Huaqin, Sun Guihua, Yang Tiannan, Gao Liming, Zhu Zhixin. 2006a. Crustal Tectonic Framework of Northern Xinjiang and Adjacent Regions and Its Formation. *Acta Geologica Sinica*, 80(1): 148~168.
- Li Jinyi, Wang Kezhuo, Li Yaping, Sun Guihua, Chu Chuhua, Li Liqun, Zhu Zhixin. 2006b. Geomorphological features, crustal composition and geological evolution of the Tianshan Mountains. *Geological Bulletin of China*, 25(8): 895~909.
- Li Yuejun, Wang Zhaoming, Wu Haoruo, Huang Zhibin, Tan Zejin, Luo Juncheng. 2002. Discovery of radiolarian fossils from the Aiketik group at the western end of the South Tianshan Mountains of China and its implications. *Acta Geologica Sinica*, 76(2): 146~154.
- Li Yuejun, Sun Longde, Wu Haoruo, Zhang Guangya, Wang Guolin, Huang Zhibin. 2005. Permo-Carboniferous radiolarians from the Wupata'erkan group, Western South Tianshan, Xinjiang, China. *Acta Geologica Sinica*, 79(1): 16~23.
- Liu Benpei, Wang Ziqiang, Zhang Chuanheng. 1996. Tectonic Framework and Evolution in Southwest Tianshan Mountains, China. Wuhan: Publishing House of Chinese Universities of Geosciences.
- Liu Yu. 2001. Early Carboniferous radiolarian fauna from Heiyingshan South of the Tianshan Mountains and its geotectonic significance. *Acta Geologica Sinica*, 75(1): 101~108.
- Liu Yu, Hao Shougang. 2006. Evolutionary significance of pylonemid radiolarians and their Late Devonian species from southwestern Tianshan, China. *Acta Geologica Sinica*, 80(5): 647~655.
- Murray R W, Brink M B, Jones D L. 1990. Rare earth elements as indicators of different marine depositional environments in chert and shale. *Geology*, 18(3): 268~271.
- Shu Liangshu, Wang Yujing. 2001. Late Devonian-Early Carboniferous radiolarian fossils from Siliceous rocks of the Kelamaili ophiolite, Xinjiang. *Geological Review*, 49(4): 408~412.
- Shu Liangshu, Charvet J, Lu Huafu, Laurent Charvet S. 2002. Paleozoic accretion-collision events and kinematics of ductile deformation in the Central-Southern Tianshan Belt, China. *Acta Geologica Sinica*, 76(3): 308~323.
- Tang Yaoqing, Gao Jun, Zhao Ming, Li Jingyi and Wang Jun. 1995. The ophiolites and blueschists in the Southern Tianshan Orogenic Belt, Xinjiang, Northwest China. Beijing: Geological Publishing house, 1~133.
- Wang Bo, Shu Liangshu. 2001. Notes on Late Paleozoic radiolarians of Northeastern Jiangxi Province. *Geological Review*, 47(4): 337~344.
- Wang B, Shu L S, Cluzel D, Faure M, Charvet J. 2007. Geochemical constraints on Carboniferous volcanic rocks of Yili Block (Xinjiang, NW China): implication for the tectonic evolution of Western Tianshan. *Journal of Asian Earth Sciences*, 29: 148~159.
- Wang Xuechao, He Guoqi, Li Maosong, Gao Jun, Lu Shuning. 1995. Petrochemical characteristics and isotopic age of ophiolite in southern part of South Tianshan. *Journal of Hebei College of Geology*, 18(4): 295~302.
- Wang Yujing, Shu Liangshu. 2001. Two mistakes in studying formation age of the ophiolite belts, China. *Acta Micropaleontologica Sinica*. 40(4): 529~532.
- Wang Zuoxun, Wu Jiayi, Lu Xichao, Zhang Jingguo, Liu Chengde. 1990. Multicycle tectonic evolution and metallogeny of Tianshan Mountains. Beijing: Geology Publishing House.

- Wu H R, Li H S. 1989. Carboniferous and Permian Radiolaria in the Menglian area, Western Yunnan. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 6(4): 337~343
- Xiao Xuchang, Tang Yaoqing, Feng Yimin, Zhu Baoqing, Li Jinyi, Zhao Min. 1992. Tectonic evolution of the Northern Xinjiang and its adjacent regions. Beijing: Geology Publishing House, 48~67.
- Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources. 1993. Regional geology of Xinjiang Uygur Autonomy Region. Beijing: Geological Publishing House, 1~841.
- Zhang Chi, Huang Xuan. 1992. The ages and tectonic settings of ophiolites in West Junggar, Xinjiang. *Geological Review*, 38(6): 509~524.

图 版 说 明

图 版 I

- (样品 XJ508 和样品 XJ510)
- 1~3. *Stigmosphaerostylus vulgaris* Won, for 1 and 2, $\times 120$; for 3, $\times 80$ 。
- 4,5. *Stigmosphaerostylus pantotolma* Braun, 100。
- 6, 20~24. *Stigmosphaerostylus variospina* (Won), for 6, 23 and 24, $\times 120$; for 20, 94; for 21 and 22, 100。
- 7,8. *Stigmosphaerostylus cf. additiva* (Foreman), 120。
9. *Triaenosphaera cf. hebes* Won, 80。
- 10,11. *Trilonche almae* (Won), for 10, 120; for 11, 100。

12. *Stigmosphaerostylus* sp. A, 100。
- 13,14,19. *Pylentonema cf. antiqua* Deflandre, for 13, 100; for 14, 94; for 19, 120。
15. *Astroentactinia cf. mirousi* Gourmelon, 120。
16. *Archocyrtium cf. procerum* Cheng, 120。
- 17,18. *Archocyrtium venustum* Cheng, $\times 120$ 。

图 版 II

- (样品 XJ512 和样品 XJ512-1)
- 1~11. *Stigmosphaerostylus cf. vulgaris* (Won), for 1, $\times 100$; for 2~11, $\times 60$ 。
12. *Stigmosphaerostylus cf. typical* (Won), $\times 60$ 。
- 13,14. *Stigmosphaerostylus wuppertalensis* (Won), $\times 60$ 。
15. *Pylentonema cf. racheboeufi* Gourmelon, 80。
- 16,17. *Archocyrtium cf. ludicrum* Deflandre, 60。
- 18~21. *Archocyrtium venustum* Cheng, for 18, 80; for 19, 60; for 20 and 21, 100。
- 22,23. *Archocyrtium cf. validum* Cheng, 80。
- 24,25. *Archocyrtium cf. delicatum* Cheng, for 24, 80; for 25, 60。
26. *Pylentonema cf. eucosmata* Braun, 80。
- 27,28. *Archocyrtium* sp., for 27, 80; for 28, 100。
29. *Archocyrtium cf. diductum* Deflandre, 100。
- 30~34. *Stigmosphaerostylus variospina* (Won), $\times 60$ 。
35. *Stigmosphaerostylus cf. tortispina* (Ormiston et Lane), 60。
36. *Stigmosphaerostylus* sp. B, 100。

Age of Radiolarian Fossils from the Heiyingshan Ophiolitic Mélange, Southern Tianshan Belt, NW China, and Its Tectonic Significance

SHU Liangshu, WANG Bo, ZHU Wenbin

Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, 210093

Abstract

Heiyingshan is located in the Meisibulake pasture, 60 km northeast of Baicheng County, Xinjiang Uygur Autonomy Region, NW China. The Meisibulake ophiolitic m lange section is well exposed between the Silurian greenschist facies meta-deformation zone to the north and the overlying Carboniferous sandstone and limestone zone. The ophiolitic m lange zone is composed of mafic-ultra mafic rocks, limestone, chert blocks and flysch metrix. The mafic-ultra mafic rocks, limestone and chert are presented as the faulted blocks included within the sheared matrix that consists of muddy chert and siliceous mudstone. Radiolarian fossils are found in both chert block and siliceous matrix, including some entactinids and archocyrtids, which are identified to be Late Devonian to Early Carboniferous in age. This suggests that the age of the m lange should be a little later than that of the real ophiolite. It, therefore, could indicate that the lower limit of the closure age of the Southern Tianshan Ocean should be the Early Carboniferous, implying an initial age of the melange. Synthetic analyses with previous results indicate that the ophiolitic m lange segments distributed in Wuwamen, Kule Lake, Yiqikelik and Heiyingshan have similar petrotectonic assemblages and age, they constitute a large-scale Late-Paleozoic tectonic suture zone in Southern Tianshan collision.

Key words: chert; ophiolitic mélange; radiolarian fossils; Heiyingshan; Southern Tianshan

