

与天山造山带大地构造解释相关的两个地层问题

廖卓庭¹⁾, 陈中强²⁾, 刘陆军¹⁾

1) 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京, 210008;

2) School of Earth and Environment, The University of Western Australia,
35 Stirling Highway, Crawley, WA6009, Australia

内容提要:①综合分析巴音沟蛇绿混杂岩带(以下简称巴音沟混杂带)构造地层组合所含生物化石群性质,认为安集海组不存在特提斯型早石炭世 *Gigantoproductus* 为代表的腕足动物群;巴音沟混杂带蛇绿混杂岩上覆磨拉石相地层体,不应引用含义不清、成因和构造关系无直接联系的“科古琴山组”,而应使用同一构造沉积区带、构造相位关系一致、沉积组合类型相同的桃西沟群;由于巴音沟混杂带与达拉布特混杂带的构造地层组合序列、沉积类型、生物群和生物相类型发育的总体特征相似或相同,两者同属于准噶尔残留海盆最新缝合带性质。②北天山和准噶尔地区延续至石炭纪末期的海洋环境,在早二叠世萨克马尔期至亚丁斯克期之前消失,区内从此进入陆内湖河相构造沉积阶段;出现于乌鲁木齐市艾维尔沟地区的芦草沟组是含有多门类陆相生物化石组合的陆相地层,并非海相成因浊积岩,它与准噶尔盆地东南缘广泛分布的芦草沟组的岩性和生物群特征相同,时代归属晚二叠世最早期。生物地层和古生态学研究结果不支持乌鲁木齐艾(维尔沟)公路 106 km 处紧伏于克拉玛依组不整合面之下的地层属于晚二叠世深海相浊积岩(Xiao et al., 2008)的认定,也不支持将该不整合构造作为“天山造山带造山碰撞时代属于二叠纪末至三叠纪”证据之一的观察与结论,本文作者认为,塔里木板块的东北部早在石炭纪与二叠纪之交已完成与包括天山地块在内的西伯利亚晚古生代大增生体的拼接。

关键词:天山;蛇绿混杂岩带;石炭系、二叠系;浊积岩;陆相地层;构造演化史

1 巴音沟的石炭系和石炭纪构造地层序列与区域对比

独库公路北端巴音沟地区存在一条蛇绿混杂带,通过多年研究,多数构造地质学家已取得基本共识:巴音沟蛇绿岩属于“有限洋盆”或为“弧间盆地”的残留体,其形成时代为石炭纪或为晚泥盆世一早石炭世,据此将存在这条蛇绿混杂带的区域归属准噶尔-北天山构造地层单元,或称为依连哈比尔尕构造小区(张良臣等,1985;李继亮,1989;王作勋等,1990;肖序常等,1992;王宝瑜等,1994;何国琦等,1994)。然而,对于巴音沟地区与蛇绿岩密切相关的构造地层组合序列,即自下而上的安集海组、沙大王组、巴音沟组和“科古琴山组”所包含的生物化石群的组分和相关生

物地理区系属性,多数构造地质学家忽视离散生物古地理区系基本属性与古大陆再造、构造单元、构造区划之间的相关性、统一性和明确的验证作用,由此产生了某些解释上的矛盾与问题,现根据我们在本区的多次调查和观察,谈点看法。

1.1 安集海组不存在 *Gigantoproductus* 腕足化石群

巴音沟混杂带构造地层组合下部的安集海组系由王宝瑜等(1994)建立,该组以大套凝灰砂岩、粉砂岩为主,分布于芦苇沟以南至哈希勒根达坂一带,以往人们对该组所含生物化石的一个重大疑问是:王宝瑜等(1994,页 60)在描述该组所含生物化石群基本特征时,称产有“时代为早石炭世的腕足类化石 *Gigantoproductus* sp., *Semiplanus* sp.”,可是在他

注:本文为国家自然科学基金重点项目(编号 40839904)资助成果。

收稿日期:2011-01-17;改回日期:2011-04-13;责任编辑:周健。

作者简介:廖卓庭,男,1939 年生。1962 年获南京大学地质系理学学士,1989 年被中国科学院南京地质古生物研究所聘为研究员。从事上古生代地层和腕足动物化石研究。1983~2005 年,连续承担新疆地区与油气资源相关的生物地层研究。通讯地址:210008,南京市北京东路 39 号,中国科学院南京地质古生物研究所;电话:025-83282284;Email:zt11939@yahoo.com.cn。

DOI:CNKI:11-1951/P. 20110517. 1002. 004 网络出版时间:2011-5-17 10:02

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1951.P.20110517.1002.004.html>

们测制的剖面中,却并未列出这两种化石,也未刊出化石图影。由此出现的问题是:其一,*Gigantoproductus* 和 *Semiplanus* 是两种形态特征明显、在生物地层研究上特有意义的腕足类化石,它们既是准确指示地层时代属于早石炭世晚维宪—谢尔普霍夫期的标志分子,又是隶属特提斯生物地理区系的专属性分子,在指示和解释古板块之间的古地理隔离与变化上具有重要作用(杨式溥,1990; Liao,1995)。因此,这两种化石的存在与否,直接关系解释安集海组的形成时代和相关的古地理格局;其二,巴音沟混杂带西南的阿拉套山、汗吉尕山、科古琴山、婆罗科努山及其以南的中、南天山地区,广泛分布有 *Gigantoproductus* 和 *Semiplanus* 为代表的早石炭世常见腕足化石群;但在巴音沟混杂带以东的依连哈比尔尕山、博格达山、哈尔力克山及其以北的广大准噶尔地区,至今从未真实发现过这类腕足化石;实际资料来自上世纪五、六十年代的库普幅、七角井幅(1:20万)等地质报告记载产有 *Gigantoproductus*;克拉玛依勘探开发研究院的同志口头(80年代初)亦称曾在乌尔禾西北等地采获过 *Gigantoproductus*,但相关的标本后来经腕足动物专业学者杨式溥、张梓歆、李社高、金玉干、廖卓庭等复鉴后被否定,认为均是外形与 *Gigantoproductus* 有些相似的 *Balakhonia*、*Linoproductus*、*Schuchertella* 等属种的误定;另外,包括上述人员在内的许多学者在后续调查南明水、七角井、达拉布特-哈拉阿拉特山等地石炭系之后,也都没有再次采到 *Gigantoproductus*(李锦轶等,1989,1990)。实际上,因早石炭世后期的陆地上升(杨式溥,1990),东、西准噶尔地区晚维宪至谢尔普霍夫期是陆相碎屑岩沉积(姜巴斯套组),而博格达山-哈尔力克山至今只见晚石炭世莫斯科期及其之后地层出露,没有发现有化石依据的下石炭统(吴乃元,1991;廖卓庭等,1992)。因此,巴音沟混杂带是否存在 *Gigantoproductus* 和 *Semiplanus* 为代表的腕足化石群,显然关系判别不同生物地理区系与不同大地构造单元的疑问。

针对上述问题,我们对巴音沟至哈希勒根达坂一带的安集海组进行过重点调查,目的是着重寻找以上两种化石,研究相关构造地层单位沉积组合的属性,以及沉积相与生物相特征。安集海组出露区,由于公路两侧为峭壁陡坡,沿公路找化石很是困难,但在哈希勒根达坂山顶的北侧,我们曾找到一些壳体严重变形的腕足类化石,主要是一些贝体巨大的

直形贝科的 *Schuchertella* spp.、*Orthotetes* sp.,以及光面石燕族的 *Crurithyris* sp.、*Athyris* sp. 等。这些地质历程颇长的广见性属种,时代总貌倾向于泥盆纪,而非石炭纪。除此而外,我们并没有发现有可能归属早石炭世腕足化石群的任何生物线索。带着上述疑问,后来我们从当事人处获悉:他们书中提到的那两种化石,并不是他们在测制安集海组剖面时的真实发现,系由“前人告知”所提供,因而出处成了问题,“标本”无从查找,也就没有复鉴可能。

对于上述悬案,我们认为:天山主干断裂(黄汲清,1984),即艾比湖-依连哈比尔尕-星星峡断裂以北的“准噶尔—北天山区”(王宝瑜等,1994)或“依连哈比尔尕洋壳板片”(肖序常等,1992)与南邻的整个中、南天山构造单元,由于大地构造属性和沉积体系各不相同,历来两者之间的沉积组合与生物组合存在截然不同的清晰界线。诚然,处于某些构造对接带附近的地区,存在生物化石因构造原因以“外来岩块”方式被卷入的可能,但在安集海组的分布区,我们并没有看到这种“混杂堆积”的踪迹,包括王宝瑜等(1994)在内的多次调查记录也没有相关的发现报道。因此,我们认为安集海组存在“腕足类 *Gigantoproductus* sp.、*Semiplanus* sp.”的报道不实,不存在这类化石的可能性较大。

1.2 巴音沟混杂带构造地层组合中的化石群的生物古地理意义

沙大王组和巴音沟组分布于奎屯河与沙大王河(沟)交汇地带和巴音沟(干沟)的中上段地区。沙大王组由火山熔岩、超基性岩、放射虫硅质岩等复杂岩类组成;巴音沟组以大套黑色凝灰粉砂岩为主,具韵律性,肖序常等(1992,页44)认为它是假整合于蛇绿岩之上的类复理石相沉积,并认为沙大王组和巴音沟组是巴音沟蛇绿混杂岩的主体构造地层。而巴音沟组之上的“科古琴山群”(王宝瑜等,1994)分布于巴音沟口北侧的地带,主要是一套成分复杂的杂砾岩沉积组合。上述构造地层组合序列,基本上是围绕巴音沟有限露头区建立的。这套岩石组合层序代表了沉积环境从洋壳到残留海盆直至沉积盖层出现的完整演化序列,反映了蛇绿混杂岩的形成和造山作用演变过程,现已获得多数地层和构造地质学家的认同。我们对巴音沟地区这一构造地层体系自下而上的层序和演替变化亦表认同,但对“科古琴山群”一名的引用,以及整套地层体系与区域上相关构造沉积体系的关系与对比提出两点不同认识和补充(图1):

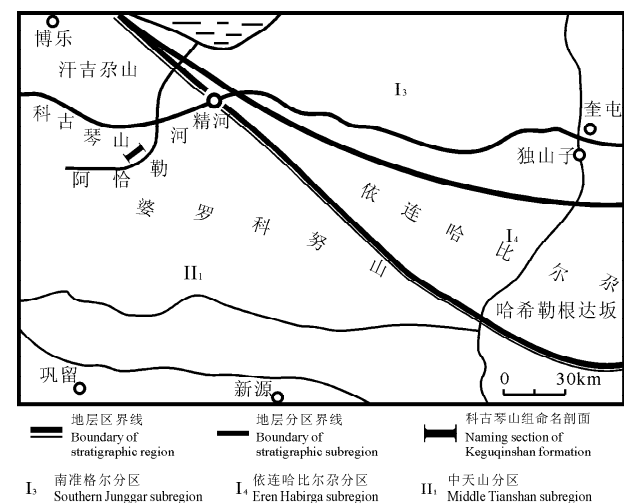


图 1 中天山地层分区略图

Fig. 1 Sketch map showing stratigraphic provincialism of Middle Tianshan

(1)“科古琴山群”一名原是新疆维吾尔自治区区域地层表编写组(1976)根据前苏联 13 大队在婆罗科努山北坡阿恰勒河下游所测剖面建立的,是一套下部以杂砾岩、石英斑岩夹砂岩、页岩,上部以复矿砂岩为主夹有灰岩、泥灰岩等的复杂岩系,厚达 1350 m,因强调产有莫斯科期之后才出现的“筳类 *Schwagerina princes*”,被用以代表中天山区上石炭统的最高海相层位。吴乃元(1982,1991)较早指出这一化石的鉴定有误,因为大量区调资料表明,本区从没有再发现过有晚于莫斯科期的筳类化石记录。我们承担《305 项目》新疆北部石炭系课题研究时,曾二度在阿恰勒河的上、中、下游一带调查,除详细测制了该区苏古尔苏石炭系剖面,理顺了层序关系,进一步证实该区不存在高于 *Fusulina* 筳带的含筳层位外,同时指出阿恰勒河下游新龙口附近的科古琴山群命名剖面,实际包含了从上泥盆统到上石炭统多个岩石地层单位,该剖面含化石的主体部分实际上就是已为区调、找矿工作者广泛使用的东图津河群,产筳类化石的最高海相层属于 *Fusulina* 筳带。据此,我们支持吴乃元(1982,1991)提出的废弃科古琴山群一名^①。而巴音沟混杂带所处的依连哈比尔尕小区,它属于构造沉积体系完全不同于科古琴山、婆罗科努山的另一构造地层区,因此牵强引用自身已属于解体废弃的“科古琴山群”,用它代表巴音沟口一带形成环境完全不同的大套杂砾岩系显然不妥。

巴音沟口一带发育的这套杂砾岩系,成因上属于磨拉石相沉积建造(王宝瑜等,1994,页 63),我们

曾从巴音沟口向东追索至安宁河一带,观察到这套杂砾岩沉积组合直接覆盖于稍有变质(大理岩化)的祁家沟组和奥尔吐组之上的现象。而在此之前(1984~1986 年),在我们研究整个北天山地区石炭、二叠纪地层时,已在吐鲁番火车站北的桃西沟和桃东沟地区发现过一套覆盖于奥尔吐组之上的巨厚杂砾岩系,它与下伏含晚石炭世化石的奥尔吐组连续沉积,底部和下部以火山角砾岩、凝灰角砾岩为主,层理不规则,相变急剧,中部以陆源粗碎屑岩为主,分选很差,向上粒度逐渐变小,顶部(断续分布)发育厚层安山岩,总厚 1150 m(相关图件见后面章节),被我们命名为桃西沟群(Liao et al.,1987)。之后通过区域追索,发现这套以陆相粗碎屑沉积为主的地层体,成因上具有造山带磨拉石构造相的沉积性质,是北天山造山带构造演化过程中的重要组成部分(廖卓庭等,1999;Liao et al.,2001)。桃西沟群不仅沿博格达山-哈尔力克山南坡发育良好,向西在隶属于依连哈比尔尕构造地层小区东部的艾维尔沟同样层位稳定、发育良好,更由于从艾维尔沟的桃西沟群上部细碎屑夹层中找到植物大化石和保存良好的孢粉化石组合,这套磨拉石相地层体的形成时代获得肯定;加之整个北天山区自西向东,从巴音沟经艾维尔沟再到桃西沟、七角井,甚而直到哈密北部的库莱、二道沟一带,都断续发育有这套层位关系稳定、岩石组合类型和构造成因背景相同的杂砾岩系,表明桃西沟群是北天山造山带中特定的构造相之一,它的成因环境和产出部位似应属于造山带的核部和前陆地带,据此使用桃西沟群称谓巴音沟口的杂砾岩系要比引用“科古琴山群”更为合适。

(2)构造学家对准噶尔盆地周边蛇绿岩带的分布、数量、类型、形成时代和命名并无统一认识,也很少涉及各蛇绿岩带之间构造地层序列的相关对比(李继亮,1989;肖序常等,1991;张弛等,1993;何国琦等,1994);而重点研究巴音沟混杂带层序结构和沉积组合的相关课题(王宝瑜等,1994,1997)又将巴音沟混杂带定位于中天山造山带范畴,几乎未考虑将它与准噶尔盆地东、西周边蛇绿岩带作任何对比。我们注意到巴音沟混杂带与发育于西准噶尔扎依尔山中北侧的达拉布特混杂带,在构造地层序列和由生物化石群确定的地质时代等方面,具有明显的相似性和可比性,据此,我们认为,巴音沟混杂带的形成环境和基本特征具有与准噶尔板块更为亲密的联系与关系。下面就这一认识试作对比:首先,达拉布特混杂带形成的时代最新(相对于唐巴勒和洪古

勒楞混杂带)(张弛等,1993;吴浩若等,1993),它与巴音沟混杂带分别紧邻准噶尔块体的边缘,作为‘洋壳残片’都具有破坏程度相对较轻、沉积组合(建造)的演替变化存在相似保存的由远洋到近蚀源区的变化趋势,都发育了层序性较完善的岩石组合顺序:达拉布特混杂带的构造地层序列,自下而上由泰勒古拉组—包古图组—希贝库拉斯组 and 赤底组组成^①,与巴音沟混杂带由安集海组—沙大王组—巴音沟组和桃西沟群组成的构造地层序列,在地层的组分、结构、沉积过程和阶段特征等方面具有对应的相似性,表明空间关系上两地的构造环境和形成条件存在一致的发展变化;再从所夹含的生物化石群看,我们在沙大王河(沟)下游与独库公路相交处西北侧冲沟中找到的古生物化石群(图 2),尽管难以完全肯定

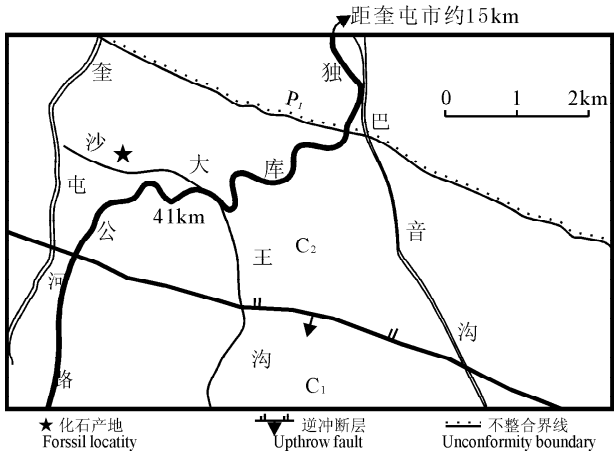


图 2 生物化石产地(底图据王保瑜等,1994)
Fig. 2 Geographic location of the fossil locality near Kuitun City in Xinjiang (after Wang et al., 1994)

是否与王宝瑜等(1994,页 63)记录采获大量珊瑚和少量腕足类化石(王文未列出化石名单)的地点与层位相当,但其产状和生物相类型完全符合构造混杂岩常见的特殊保存状态:该处出露的巴音沟组是一套韵律性较好的灰黑色凝灰质粉砂岩,其中夹有少量大小不一(大的达 20×15×10 cm,小的仅 1 cm 大小)的角砾状灰岩砾石,这些灰岩砾石大多是含生物化石的灰白色细晶—泥晶灰岩,其中的生物化石以海百合茎和腕足类等大化石为主,有的单个腕足类化石即以砾石状态产出,所有这些灰岩砾石和化石个体与围岩关系不密,存在经搬运再沉积的明显痕迹。我们采获的腕足类化石有如下属种: *Neospirifer tegulatus* (Trautschold)、*Buxtonia rarirugosa* (Licharew)、*Canocrinella koninckian* (Verneuil)、*Eomarginifera* sp.、*Linoproductus*

praelongatus Zhang、*L. simenensis* (Tschernyschew)、*Echinoconchus fasciatus* (Kutorga)、*Phricodothyris* sp.、*Martinia* sp.、*Dielasma* sp.、? *Paramuirwoodia* sp. 等,这些属种组合表明的地质时代为晚石炭世巴什基尔期至莫斯科期。无独有偶,类似的现象也出现于西准噶尔扎依尔山一带的包古图组和希贝库拉斯组:在托里县柳树沟附近的柳东沟(包古图河中游)和希贝库拉斯南约 2 km 无名冲沟(此处为希贝库拉斯组命名剖面),我们曾找到相类似的、多层出现的再沉积灰岩砾石,小的仅 1~2 cm,而大的达数米之巨,它们同样夹于韵律性发育的凝灰质粉砂岩为主的类复理石相沉积组合,砾石中的生物化石以腕足类和海百合茎最多,腕足类的属种组合成分与巴音沟组所见大体相同,全为属于准噶尔—兴安古生物地理区系以晚石炭世早期常见分子为主的化石群^①。由于泰勒古拉组—包古图组—希贝库拉斯组的沉积体系的深水浊流相成因性质,早已无异议地成为构造、沉积和古生物学者的共识(晋慧娟,1989;吴浩若等,1993;廖卓庭等,1993),上述古生物资料进一步表明:巴音沟混杂带与达拉布特混杂带构造地层组合序列总体特征相似,两者的形成和发展演化过程背景相同、关系密切,似同属于准噶尔残留海盆边缘最年轻的(晚石炭世晚期或早二叠世)缝合带。

2 关于乌鲁木齐市艾维尔沟大不整合面之下地层属性及相关大地构造解释问题

早在上世纪 50、60 年代,艾维尔沟煤矿已是开采燃煤和生产焦碳的基地,专门供应乌鲁木齐市和新疆八一钢铁厂,因而该地(图 3)的地质地层调查开展较早。50 年代中晚期,西北石油局将艾维尔沟的二叠系和三叠系称为妖魔山群和小泉沟群,分别代表上二叠统和中上三叠统(全为陆相沉积);新疆区域地层表(新疆维吾尔自治区区域地层表编写组,1981),后峡幅地质图(1:20 万,1974)沿袭上述划分,但是,乌鲁木齐幅地质图(1:50 万,1977)认为艾维尔沟的上二叠统与吐鲁番桃树园北部同期地层相似,遂将艾维尔沟的上二叠统下部称桃东沟群(分为下部的大河沿组 and 上部的塔尔郎组),上二叠统的上部称下仓房沟群(分为下部的泉子街组和上部的梧桐沟组),中上三叠统仍称小泉沟群,并认为艾维尔沟缺失下二叠统和下三叠统;廖卓庭等(1987)为编写第 9 届国际石炭系大会新疆野外地质路线旅行

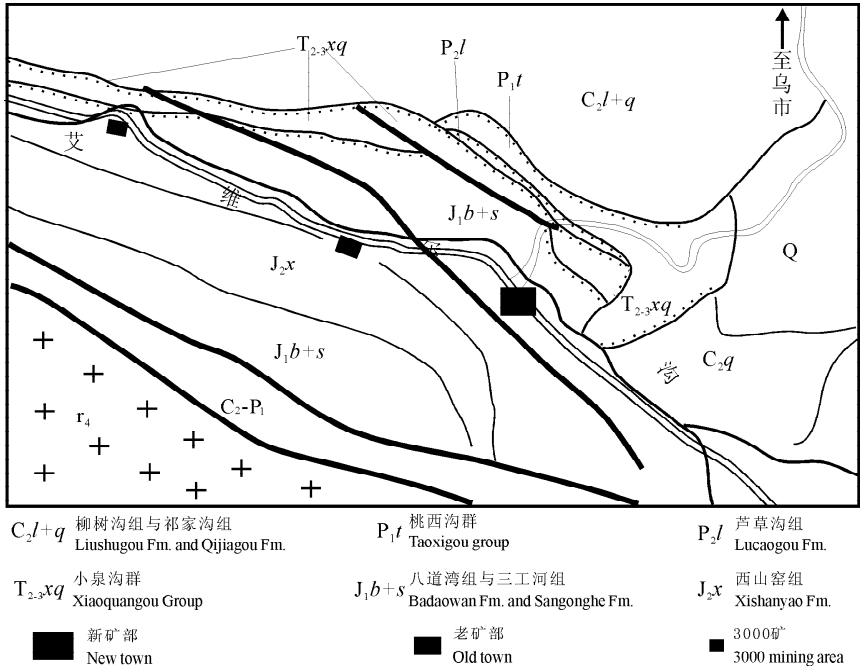


图 3 艾维尔沟地质图

Fig. 3 Sketch map showing geology of Aiweiergou area

指南,在桃西沟发现一套与下伏奥尔吐组连续沉积、主要由火山角砾岩和陆源粗碎屑岩组成的沉积组合,命名为桃西沟群,根据层序关系确定时代为早二叠世(Liao et al., 1987)(图 4)。后续调查认为艾维尔沟地区前人称为桃东沟群的大河沿组(主要由火山岩、火山角砾岩和粗碎屑岩系组成的沉积组合)是向西展布的桃西沟群,并根据艾维尔沟桃西沟群上部发现的植物大化石和微古植物化石组合,肯定桃西沟群的时代为早二叠世阿瑟尔期—萨克马尔期(图 5);同时进一步指出桃东沟地区大河沿组之下的地层不是前人(赵喜进,1980;新疆维吾尔自治区区域地层表编写组,1981)确定的石炭系,而是向东展布的桃西沟群(廖卓庭等,1999)。另外,又因为艾维尔沟地区前人(张致民等,1991;胡伯良等,1991)称为“塔尔朗组”的岩性特征与命名地(桃树园)的塔尔朗组差别巨大,相反,却与博格达山北麓的同期沉积——芦草沟组的岩性和沉积特征相似而改称为芦草沟组(廖卓庭等,1999;Liao et al., 2001)。现将艾维尔沟地区二叠系、三叠系的划分对比沿革列表 1 所示。

艾维尔沟地区的芦草沟组是一套颜色深黑,以叶片状泥岩、油页岩为主,夹有粉砂岩和少量泥晶灰岩、白云岩的“软地层”,芦草沟组产丰富的叶肢介、双壳类、腹足类、鱼类、植物大化石和微古植物化石,这些陆相化石群组合指示的地质时代为乌菲姆期

(Liao et al., 2001;欧阳舒等,2003),与现今地质年表乐平世最早期相当,芦草沟组常常因构造挤压而内部出现较多的小褶皱、小断层,在地貌、颜色、风化形态上,它与上覆的(不整合面之上的)克拉玛依组底部红色砂砾岩“硬地层”形成鲜明对比,这在乌艾公路 106 km 里程碑附近特别醒目。

艾维尔沟地区缺失下三叠统,中上三叠统小泉沟群自下而上包括克拉玛依组、黄山街组和郝家沟组,除克拉玛依组底部的厚层砂砾岩层以往未采获化石外,克拉玛依组中上部、黄山街组、和郝家沟组均产有丰富的叶肢介、双壳类、介形类、腹足类、哈萨克虫类、昆虫和植物等陆相化石。

总之,近 60 年来,包括本世纪初刚完成的后峡—艾维尔沟 6 幅 1:5 万区域地质调查(苏春乾等,2006)等资料表明:艾维尔沟地区从没有发现产有二叠纪、三叠纪海相生物化石的记录,当地出露良好的二叠系、三叠系,其中各组都有确凿的陆生生物化石,可作为确定地层时代和解释沉积环境的依据。

然而,Xiao 等(2008, p. 108, Fig. 4)最近研究塔里木北部和天山地区地质构造时,却将艾维尔沟乌艾公路 106 km 里程碑附近的芦草沟组称作“上二叠统深海相浊积岩”(Upper Permian turbidites),以此作为北天山南缘地区直到晚二叠世仍处于海洋沉积环境的证据;同时又将此处的芦草沟组之上、由克拉玛依组超覆形成的巨大不整合构造作为造山作用

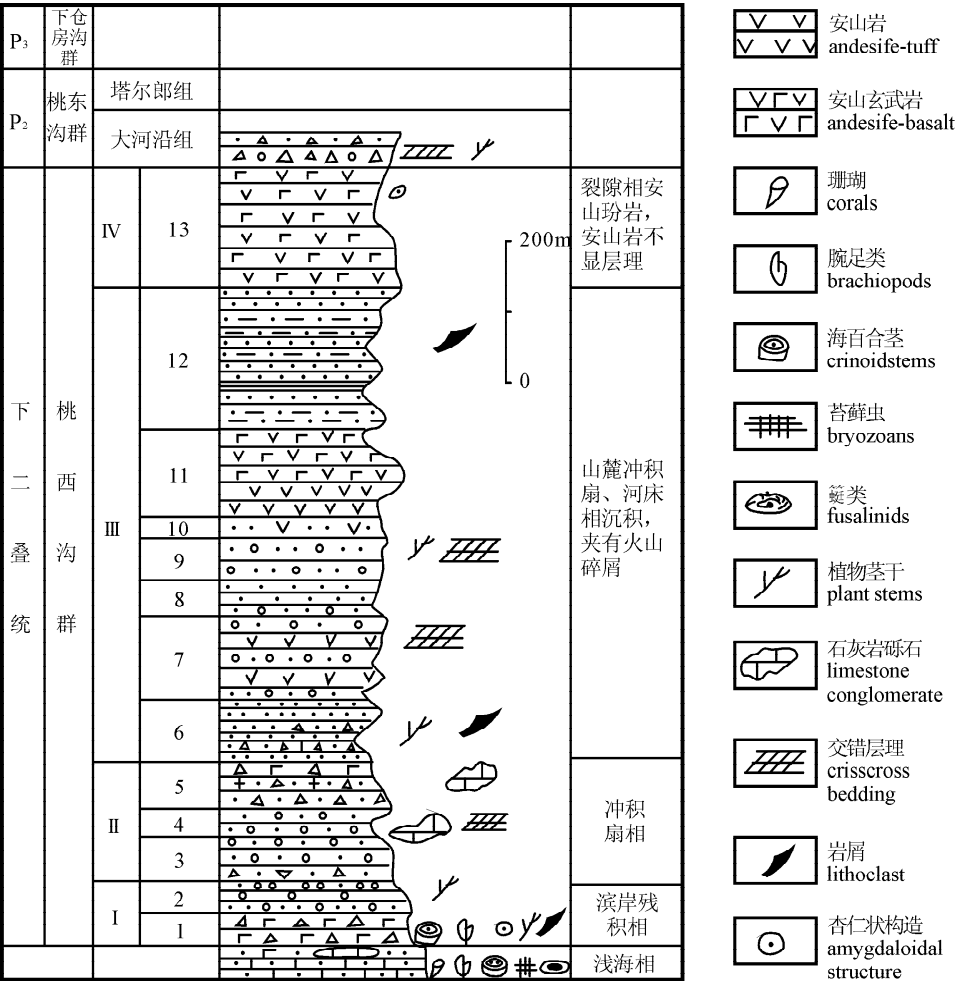


图 4 桃树园北(桃东沟、桃西沟)的早二叠世地层(据 Liao et al. ,2001)

Fig. 4 Stratigraphic columnar section of Lower Permian in Taoshuyuan, Turpan, Xinjiang

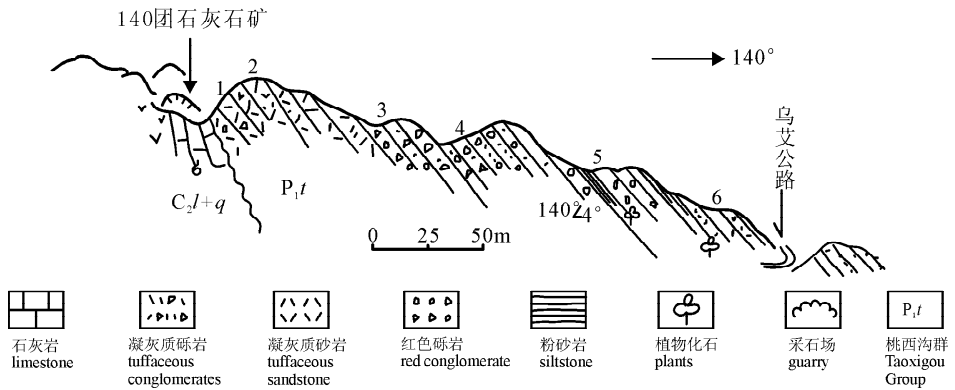


图 5 乌艾公路 85 km 里程碑西北桃西沟群剖面

Fig. 5 Taosigou Group section in northern peak of Aiweiergou

结束的直接证据之一,提出了西伯利亚稳定地块 (craton)和塔里木板块 (block)造山拼贴 (orogenic collage)起始时代是“二叠纪末至三叠纪”的新观点。他们的观察和结论,显然与煤炭、石油、地质、科研等部门从艾维尔沟地区获得的古生物地层基础资料截

然有别,也与此前人们认为晚二叠世之前北天山造山带早已经结束造山期的认识不同,值得商榷与讨论。

人们凡是从乌鲁木齐市前往艾维尔沟,在即将到达艾维尔沟煤矿矿部之前,必然穿越的就是出露

在乌艾公路 106 km 里程碑(上世纪 90 年代此处的里程碑数为 94 km)附近的上述大不整合构造,该不整合构造,上、下岩层的颜色红黑分明,醒目突出,过往的地质工作者都会驻留观察,紧挨不整合构造面之下的芦草沟组,即 Xiao et al. (2008)所称的“海相浊积岩”,产有大量的叶肢介、介形类、双壳类、鱼类、植物和孢粉等化石,就地确定沉积环境为陆相成因是毫不困难的(苏春乾等,2006,页 983,图版 I,图 3);不整合构造面之上的克拉玛依组除了最底部的砾岩层未见化石外,中上部的泥岩、细碎屑岩中,亦产有叶肢介、双壳类、哈萨克虫类等化石,确定沉积环境和地层时代同样也不困难(图 6)。

区域上,芦草沟组除了在艾维尔沟出露良好外,主要分布于博格达山北麓的山前地带和准噶尔盆地中南部的隐伏区,这套以油页岩为标志的“软地层”,在上述广大地区普遍产有丰富的双壳类、介形类、叶肢介、脊椎动物、植物、孢粉等陆相化石,以往从未发现含有正常海相化石的记录,即便有少数研究者认为准噶尔盆地的芦草沟组沉积环境可能接近海边,充其量也只是称它为“近海湖泊相”(侯静鹏,2000)。

如若从艾维尔沟沿上述超覆不整合构造的走向向西追索,可抵达艾维尔沟上游 3000 号煤矿采区的西北部,此处可见到克拉玛依组超覆不整合于早二叠世火山岩(桃西沟群)或石炭系祁家沟组之上的构造现象(图 7);如若离开乌艾公路向东追索,则可以在科尔碱煤矿的西北部和红山嘴以西地区,看到小泉沟群下部地层明显变薄,甚至缺失克拉玛依组,该处超覆不整合于石炭系火山岩之上的是黄山街组含哈萨克虫的黄绿色叶片状泥岩(最底部有 10 余厘米厚的砂砾岩);再向东,至吐哈盆地中北部的桃东沟、柯克亚、照壁山一带,克拉玛依组底部的含玛瑙砾岩层不整合或假整合在下三叠统上部的烧房沟组(陆

相)之上^②;而在准噶尔盆地的东、南、西各周边地区,克拉玛依组同样存在超覆不整合(或假整合)于下三叠统(陆相)或早三叠世之前的不同地层(陆相或海相)之上的类似现象(廖卓庭等,1998;欧阳舒等,2003)。因此,Xiao 等(2008, p. 108)看到和图示的乌艾公路 106 km 里程碑附近的所谓海相浊积岩,不能作为本区印支期(晚二叠世至早三叠世)仍处于海洋环境的依据,该不整合构造除了仅仅说明是中、晚三叠世出现的一次陆内构造运动陈迹外,它与北天山造山带此前早已结束的造山作用根本没有关系。

以往多数构造学家关于天山造山带造山期结束时间的认定和结论性意见,大多与地层古生物学的调查结果吻合,因而地层古生物学者亦多认同和支持大地构造模式普适性的解释,例如:“包括伊连哈比尔尕山—博格达山—哈尔力克山在内的北天山海盆在晚石炭世已经闭合”(马瑞士等,1993,页 114);“二叠纪起伊连哈比尔尕带隆起为陆”(何国琦等,1995,页 111);“中石炭世晚期,北天山优地槽转入闭合阶段,……晚石炭世磨拉石形成于造山带,……北天山蛇绿岩带是西伯利亚板块与塔里木板块之间的最后缝合带,……板块的拼合在石炭纪末实现。”(黄汲清等,1990,页 11);“晚石炭—早二叠世为新疆古生代的第六开合期,其主要地质事件是北天山、西昆仑洋盆闭合,北天山和西昆仑至晚石炭世都结束地槽早期扩张阶段,……早二叠世和全疆大部分地区一样,出现强烈的以酸性为主的陆相火山岩”(陈哲夫等,1993,页 53);“准噶尔残留海盆的封闭,使其两侧哈萨克斯坦板块和西伯利亚板块焊接。继而晚石炭世—早二叠世早期,北天山和南天山残留海盆也几乎同时封闭,晚古生代残留海盆分割的陆块全部焊接,弥合。至此,新疆北部进入大陆地壳及

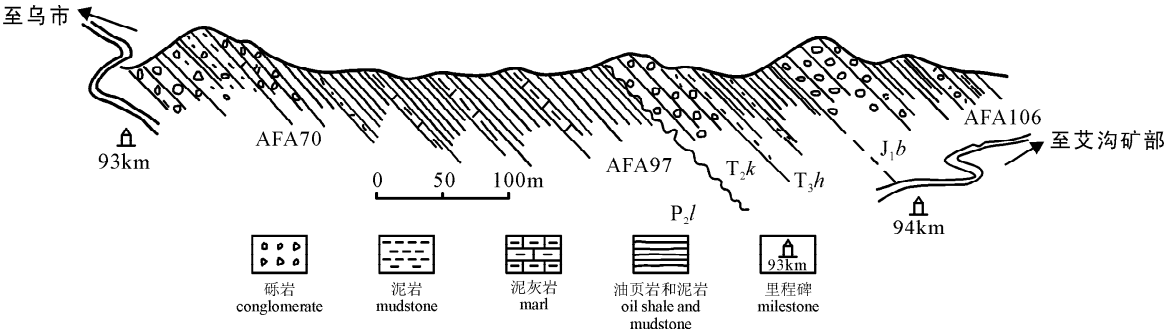


图 6 艾维尔沟芦草沟组(P₂l)至八道湾组(J₁b)剖面(据中国科学院南京地质古生物研究所等,1994^②)

Fig. 6 Lucaogou Fm. to Badaowan Fm. section in Aiweiergou area
(after Nanjing Institute of Geology and Palaeontology et al., 1994^②)

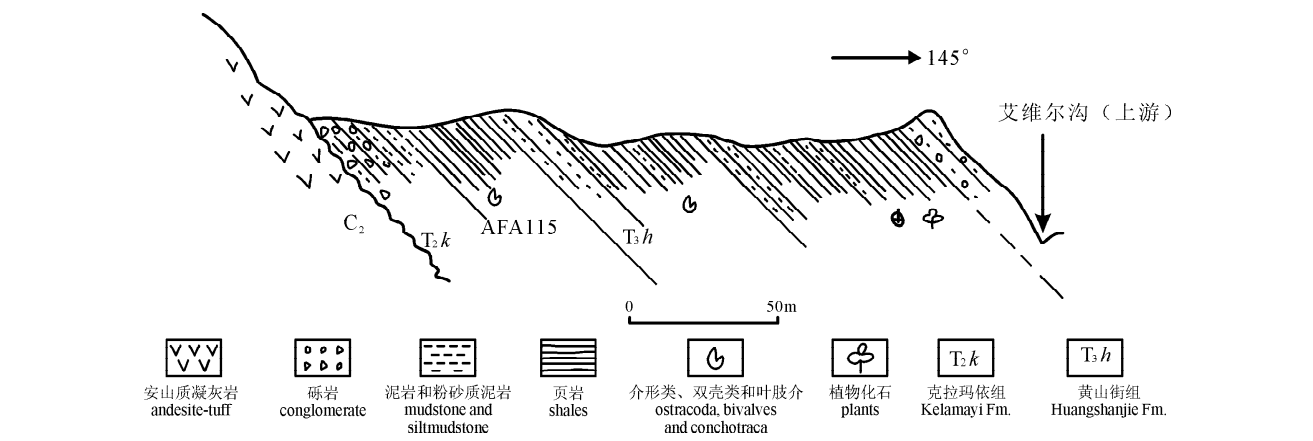


图 7 艾维尔沟上游 3000 矿西侧三叠系剖面(据中国科学院南京地质古生物研究所等,1994^②)

Fig. 7 Triassic section in 3000 mining area of Aiwiergou (after Nanjing Institute of Geology and Palaeontology et al. , 1994^②)

陆内山链发展的新阶段”(肖序常等,1992,页 120);“笔者相信天山古洋盆的关闭发生在石炭纪晚期,不是在更早或更晚时期”(李锦轶等,2006,页 905);“自晚石炭世以后,天山地区再也没有海相沉积”(苏春乾等,2006,页 984);另外,以往和最近的大量同位素年龄测定结果也明确表明“The South Tianshan orogen is a Late Paleozoic collisional orogenic belt, not a Triassic one”(Gao et al. , 2009, p. 473; Su et al. , 2010, p. 1234)。不难看出,上述关于海盆关闭,隆起为陆的时代结论和解释,是与区内积累的大量地层古生物资料,亦即仅仅见到陆相中、上二叠统的事实相符的(新疆维吾尔自治区区域地层表编写组,1981;吴乃元,1991;张致民等,1991;廖卓庭等,1993,1999;Liao et al. , 2001)。所以,无论是构造学家、沉积学家,还是地层古生物学家,以往的共同观点是:北天山石炭纪海槽在石炭、二叠纪之交消失,包括艾维尔沟在内的北天山南部地区从此处于陆内环境,包括天山地块在内的西伯利亚稳定地块与塔里木板块的东北部其时已完成对接拼合。

令人不解的是,Xiao 等(2008)认定艾维尔沟紧伏于克拉玛依组不整合面之下的地层,即我们所称的芦苇沟组属于“深海相浊积岩(Turbidites)”,却没有解释和证明这一结论的任何实际依据,又只字未提相关的大量区域地层资料。客观地说,古生物学家需要构造学家、沉积学家的意见来确定化石曾经生活过的大环境条件,也不反对从沉积学研究角度,认为艾维尔沟的芦苇沟组成因上可能与浊流沉积作用相关,同样,构造、沉积学家解释地层形成的构造条件和沉积环境时,亦应该客观地了解来自古生物

学和古生态学的解释。

对于沉积学上判断浊流及其沉积作用的构造环境与沉积环境,孙枢等(1987,页 74)早就有过精辟的论述:“浊流沉积的沉积环境与构造环境多种多样,有海相和陆相,以海相为主;有浅水和深水,以深水为主”;“大地构造上,浊流沉积并无简单的专属性,可在多种构造环境中形成,见于地槽区与地台区,但主要见于地槽区”。而古生态学与沉积学家们也给我们指出过正确的研究方法:“环境解释的极准确性来自于古生物学解释、沉积学解释及其他方法的综合”(Dodd et al. , 1989)。因此,任何大地构造新观点、新模式的建立,不应不顾及沉积学和古生物地层学等基础资料的综合解析,也只有这样做,才可能导致对大地构造演化史的更合逻辑地解释。

无独有偶,就在本文完成之前,我们看到与 Xiao 等(2008)持相同观点的“南天山的碰撞造山事件发生于二叠纪末—三叠纪初”的另一篇文章(李曰俊等,2010),文中明确提出“限定碰撞造山起始时间下限”的 7 点地质记录(依据),由于专业知识和资料的局限性,我们仅就古生物地层记录谈点看法:

应用古生物资料确定地层的地质时代,本文作者认为应遵守一些“约定俗成”的基本原则:①确定地层地质时代的化石,应该强调是整个生物化石群,而不是个别似是而非的存疑分子,后者充其量只是接续探索发现的线索,不能急于应用(或引用)作为定论的实际凭据;②因(海洋)大环境同源,来自同层位(基质与砾石分开)的化石群,不论是微体化石还是宏体化石,两者分别鉴定后得出的地质时代结论,理应是相同或相近的,绝不会、也不应该出现时代差异极大的矛盾,例如同层采获的筳类、珊瑚、腕

足类,一个说早石炭世,一个说晚石炭世,一个说二叠纪,明显其中存在鉴定错误;③微体化石保存的群体性比宏体化石更强势,区域分布范围和发现的几率更大,但如若“单打独挑”,过分强调某种微体化石确定地层地质时代的唯一性,往往难获业内(多门类)同仁的认同。特别是随后又经反复检验、研究,结果既没有得到证实,又没有出现新增的证据,例如:曾经热闹一阵的赣东北双桥山组发现“石炭、二叠纪”放射虫,检验结果表明站不住脚;④“基本规律都是普适性的”(孙枢,2010),具有指导性、实用性的理论创新,都是建立在真实可靠的实际依据之上的,也必将获得相关学科的支持和认同。

最后,基于我们连续20多年对中国境内天山地区石炭、二叠纪为主的生物地层调查,就本区其时的古地理格局和发展变化谈点我们的看法:我们曾多次观察测制祁家沟—艾维尔沟—米什沟—库米什—破城子(克孜勒塔格)和巴音沟—巴音布鲁克—二乡桥—康村东等剖面,着重系统研究北天山、中天山和南天山3个构造地层区带内石炭、二叠纪地层的沉积类型、古生物群和生物区系性质的差别与变化,结合西起中吉边境,东到新甘邻区(北山)有重点的生物地层调查,所获实际资料让我们对整个天山地区石炭、二叠纪海洋环境的演变有一较清晰的印象:晚石炭世是天山造山带发生重大变革的关键时期,长期浸没天山的石炭纪海水是在石炭、二叠纪之交首先从天山中部(大体为独库公路以东,博格达—托克逊—库米什以西)开始撤离的,北天山的核部—依连哈比尔尕和博格达—哈尔力克山南坡地区较早出现山间磨拉石和山前磨拉石盆地,这一区域的海相沉积环境最早消失,撤离的海水随后汇合由准噶尔盆地向东南方向撤离的海水一并沿博格达—哈尔力克山北坡向东撤出,沿途的系列剖面(博格达—哈尔力克山北坡和卡拉麦里山—莫钦乌拉山至淖毛湖东南)可见到海相层位渐次抬高、时代变新现象,并在临近新甘接界的伊吾大黑山(莫钦乌拉山的余脉)、淖毛湖一带出现了区域上层位最高的空谷期至乌菲姆期(即中二叠世最晚期至晚二叠世最早期)的滨浅水相古生物群(廖卓庭等,1998)。另一方面,中、南天山造山带的石炭纪海水最早也是从天山中部开始,再向西南和东南两侧方向撤离的,因为,上述天山中部地区的最高海相地层,也只含有晚石炭世莫斯科期的海相古生物群,连续向上的沉积是含大量石膏泥岩、粗碎屑粒度越来越大的海退相、陆相地层(新疆维吾尔自治区区域地层表编写组,1981;吴乃

元,1991;王宝瑜等,1994;廖卓庭等,1990a;张致民等,1991;Chen, 2004),尽管晚石炭世晚期至早、中二叠世,独库公路以西以及南天山西南侧的科克萨勒、阿赖山地区,和吐哈盆地东南缘及新甘接界的北山一带仍然存在渐次撤退(残留发育)的滨浅海相地层(乌斯特利茨基,1963;新疆维吾尔自治区区域地层表编写组,1981;廖卓庭等,1990b,1998;吴乃元,1991;Chen et al.,1999)。

最后,就李曰俊等(2010,页58)提出的“用来限定碰撞造山起始时间下限的地质记录:7)卷入碰撞造山作用的最新的地层”提点意见:李曰俊等(2010)认为俄霍布拉克组“是库车周缘前陆盆地沉积的底砾岩”(页60),据此作为“南天山碰撞造山作用早于早三叠世中期”的沉积证据。然而,在俄霍布拉克组命名地点(库车西北比尤勒包谷孜干沟),与俄霍布拉克组平行不整合接触的下伏地层,恰恰是含植物、介形虫等化石的粗碎屑岩为主的陆相晚二叠世地层—比尤勒包谷孜群(新疆维吾尔自治区区域地层表编写组,1981;廖卓庭等,1990b;蔡士赐,1999),因此,这儿的情况与艾维尔沟相似:库车地区同样存在发育良好的陆相中、上二叠统,却不存在海相的中、晚二叠世地层。因此,比尤勒包谷孜群和俄霍布拉克组都是晚石炭世—早二叠世碰撞造山作用结束后的沉积,如若称“底砾岩”,前者才是这个地区“前陆盆地”的“底砾岩”。

3 结论

(1)桃西沟群由巨厚粗碎屑相沉积组成,是巴音沟混杂带蛇绿混杂层序上覆构造沉积组合,其成因和层位关系属于磨拉石构造相性质,是北天山造山运动结束的标志。

(2)巴音沟混杂带蛇绿混杂层序中所含生物化石群及其生物地理区系属性,与西准噶尔达拉布特混杂带存在密切的相似性和可比性,两者同属准噶尔残留海盆边缘最年轻缝合带。

(3)化石的指相性和沉积学及其他方法的综合研究表明,天山及其以北地区的海相沉积环境持续至石炭纪末,二叠纪以来的构造演化和沉积作用都是在陆内环境条件下延续的。艾维尔沟的芦草沟组不是“深海相浊积岩”,而是晚二叠世陆内湖泊相沉积;把克拉玛依组与芦草沟组之间的不整合面作为天山造山带古洋盆关闭的时限,并认为西伯利亚板块和塔里木板块造山拼贴起始时代属于“二叠纪末至三叠纪”,显然是与古生物地层实际资料不相符

的。

注 释

- ① 廖卓庭,杨蔚华,魏洲龄. 1990. 新疆北部石炭系及其含矿性研究报告.
- ② 中国科学院南京地质古生物研究所,吐哈石油会战指挥部勘探开发研究大队. 1994. 吐哈盆地二叠—三叠系生物组合序列的建立和古生态研究.

参 考 文 献

蔡土赐. 1999. 新疆维吾尔自治区岩石地层. 北京:中国地质大学出版社,1~430.

陈哲夫,徐新,梁云海. 1993. 新疆构造手风琴式开合演化的基本特点. 中国区域地质,12(1):45~57.

Dodd J R, Stanton R J Jr. 1989. 古生态学概念与应用. 南京:南京大学出版社,1~383.

何国琦,李茂松,刘德权,唐延龄,周汝洪. 1994. 中国新疆古生代地壳演化及成矿. 乌鲁木齐与香港:新疆人民出版社与香港文化教育出版社,1~437.

何国琦,刘德权,李茂松,唐延龄,周汝洪. 1995. 新疆主要造山带地壳发展的五阶段模式及成矿系列. 新疆地质,13(2):1~194.

侯静鹏. 2000. 芦草沟组. 见:中国地层典编委会编著. 中国地层典. 二叠系. 北京:地质出版社,78.

胡伯良,江德昕,杨惠秋,傅恒,孙峰. 1991. 新疆东部地区生油岩研究和油源对比. 兰州:甘肃科学技术出版社,1~140.

黄汲清,姜春发,王作勋. 1990. 新疆及邻区板块开合构造及手风琴式运动. 新疆地质科学,第一辑. 北京:地质出版社,3~16.

晋慧娟. 1989. 准噶尔盆地晚古生代深水沉积中的遗迹化石及其环境意义. 沉积学报,7(增刊):23~40.

李继亮. 1989. 准噶尔残留弧后盆地与天山造山带的大地构造关系. 沉积学报,7(增刊):53~61.

李锦轶,朱宝清,冯益明. 1989. 南明水组 and 蛇绿岩之间不整合关系的确认及其意义. 中国区域地质,9(3):250~255.

李锦轶,朱宝清,冯益明. 1990. 新疆东准噶尔卡拉麦里地区南明水组研究的新进展. 新疆地质科学,(2):1~8.

李锦轶,李克卓,李亚萍,孙桂华,褚春华,李丽群,朱志新. 2006. 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.

李曰俊,张洪安,钱一熊,孟庆龙,赵岩,刘亚雷. 2010. 关于南天山碰撞造山时代的讨论. 地质科学,45(1):57~65.

廖卓庭,王玉净,王克良. 1990a. 石炭系. 见:周志毅,陈丕基主编. 塔里木生物地层和地质演化. 北京:科学出版社,192~224.

廖卓庭,王玉净,周宇星. 1990b. 二叠系. 见:周志毅,陈丕基主编. 塔里木生物地层和地质演化. 北京:科学出版社,226~250.

廖卓庭,周宇星,王克良,夏风生. 1992. 新疆博格达山宽沟地区的石炭系. 地层学杂志,16(2):105~110.

廖卓庭,王玉净,王克良,夏风生,周宇星,廖卫华,欧阳舒. 1993. 新疆北部石炭纪生物地层研究新进展. 见:涂光炽主编. 新疆北部固体地球科学新进展. 北京:科学出版社,79~94.

廖卓庭,吴国干. 1998. 新疆三塘湖盆地含油气地层. 南京:东南大学出版社,1~138.

廖卓庭,刘陆军,张维. 1999. 博格达山西南缘早二叠世磨拉石相沉积组合—桃西沟群. 地层学杂志,23(4):190~195.

马瑞士,王赐银,叶尚夫. 1993. 东天山构造格架及地壳演化. 南京:南京大学出版社,1~225.

欧阳舒,王智,詹家祯,周宇星. 2003. 新疆北部石炭纪—二叠纪孢子花粉研究. 合肥:中国科学技术大学出版社,1~700.

苏春乾,孙永娟,杨兴科,许安东. 2006. 天山后峡—艾维尔沟地区晚古生代—中生代地层系统中若干不整合关系的厘定及其地质意义. 地质通报,25(8):977~985.

孙枢,陈海泓. 1987. 浊流沉积与等深流沉积. 见:张炳禧主编. 当代地质科学动向. 北京:地质出版社,73~76.

孙枢. 2010. 序言. 地质科学. 45(1):ii.

王宝瑜,郎智君,李向东,屈迅,李天福,黄诚,崔曦. 1994. 中国天山西段地质剖面综合研究. 北京:地质出版社,1~202.

王宝瑜,李强,刘建兵. 1997. 新疆天山中段独库公路地质构造. 新疆地质,15(2):134~154.

王作勋,邬继易,吕喜朝,张经国,刘成德. 1990. 天山多旋回构造演化及成矿. 北京:科学出版社,1~217.

乌斯特利茨基 B N. 1963. 甘肃西部北山地区二叠纪地层及动物群. 中华人民共和国地质部地质科学研究所专刊,乙种. 地层学古生物学,5(2):1~73.

吴浩若,潘正甫,张弛,等. 1993. 西准噶尔与蛇绿岩相关的古生代地层序列及其沉积大地构造环境判别. 见:涂光炽主编. 新疆北部固体地球科学新进展. 北京:科学出版社,151~162.

吴乃元. 1991. 石炭系. 见:新疆地质矿产局地质矿产研究所与新疆地质矿产局第一区调大队编. 新疆古生界(新疆地层总结之二)(下),乌鲁木齐:新疆人民出版社,157~327.

吴涛,赵文智. 1997. 吐哈盆地煤系油气田形成与分布. 北京:石油工业出版社,1~271.

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,1~169.

新疆维吾尔自治区区域地层表编写组. 1981. 西北地区区域地层表,新疆维吾尔自治区分册. 北京:地质出版社,1~496.

杨式溥. 1990. 中国及邻区早石炭世腕足动物生物地理分区. 见:王鸿楨,杨森楠,刘本培等著. 中国及邻区构造古地理和生物古地理. 北京:中国地质大学出版社,317~330.

张弛,翟明国. 1993. 西准噶尔蛇绿岩带及其形成环境. 见:涂光炽主编. 新疆北部固体地球科学新进展. 北京:科学出版社,53~78.

张良臣,吴乃元. 1985. 天山地质构造及演化史. 新疆地质,3(3):1~14.

张致民,吴绍祖. 1991. 二叠系. 见:新疆地质矿产局地质矿产研究所与新疆地质矿产局第一区调大队编. 新疆古生界(新疆地层总结之二)(下). 乌鲁木齐:新疆人民出版社,3209~482.

赵喜进. 1980. 新疆北部中生代脊椎动物化石地层. 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所甲种专刊,第 15 号. 北京:科学出版社,1~120.

周志炎,张璐瑾,陈金华. 2000. 陆相三叠系. 见:中国科学院南京地质古生物研究所编著. 中国地层研究二十年(1979~1999). 合肥:中国科学技术大学出版社,259~282.

Chen C M, Lu H F, Jia D, Cai D S, Wu S M. 1999. Closing history of the southern Tianshan oceanic basin, western China: an oblique collisional orogeny. Tectonophysics, 302:23~40.

- Chen Zhongqing. 2004. Devonian — Carboniferous brachiopod zonation in the Tarim basin, northwest China: implications for biostratigraphy and biogeography. *Geological Journal*, 39: 431~458.
- Gao Jun, Long Lingli, Klemd R, Qian Qing, Liu Dunyi, Xiong Xianming, Su Wen, Liu Wei, Wang Yitian, Yang Fuqun. 2009. Tectonic evolution of the South Tianshan orogen and adjacent regions NW China: geochemical and age constraints of granitoid rocks. *Int. J. Earth Sci. (Geol Rundsch)*, 98: 1221~1238.
- Liao Zhuoting. 1995. Faunal provinces of Carboniferous brachiopods in China and their variations across the Carboniferous boundaries. *Palaeontologia Cathayana*, 6: 365~373.
- Liao Zhuoting, Lu Linhuang, Jiang Nayan, Xia Fengsheng, Sun Fusheng, Zhou Yuxing, Li Shengao, Zhang Zhimin. 1978. Carboniferous and Permian in the western part of East Mts. Tianshan. In: 11th International Congress of Carboniferous Stratigraphy and Geology. Guidebook for Excursion 4. Beijing, China. 1~39.
- Liao Zhuoting, Liu Lujun. 2001. Formation and evolution of the Permian strata of the eastern Tianshan Mountain in Xinjiang, China. *《Natura Bresciana》Ann. Mus. Civ. Sc. Nat., Brescia, Monografia*, 25: 341~346.
- Su Wen, Gao Jun, Klemd R, Li Jilei, Zhang Xi, Li Xianhua, Chen Nengsong, Zhang Lu. 2010. U-Pb zircon geochronology of Tianshan eclogites in NW China: implication for the collision between the Yili and Tarim blocks of the southwestern Altaids. *Eur. J. Mineral*, 22: 473~478.
- Xiao Wenjiao, Han Chunming, Yuan Chao, Min Sun, Lin Shoufa, Chen Hanlin, Li Zilong, Li Jiliang, Sun Shu. 2008. Middle Cambrian to Permian subduction-related accretionary orogenesis of northern Xinjiang, NW China: implications for the tectonic evolution of central Asia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 32: 102~117.

Two Stratigraphic Concerns on the Central and Northern Tianshan Tectonic Complex, Northwest China

LIAO Zhouting¹⁾, CHEN Zhongqing²⁾, LIU Lujun¹⁾

1) *Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing, 210008, China;*

2) *School of Earth and Environment, The University of Western Australia, 35 Stirling, Highway, Crawley, WA 6009, Australia*

Abstract

Two tectonostratigraphic concerns on the Late Paleozoic Tianshan tectonic complex were addressed in this study: (1) the stratigraphic succession of the Bayingou ophiolite mélangé and (2) the timing of tectonic accretion of the Siberian craton in the Aiweiergou area by integrating the relevant data of stratigraphy, palaeontology, tectonopaleogeography and tectonopaleobiogeography. In the Bayingou area, the detailed paleontological studies have rejected the presence of the brachiopod *Gigantoproductus* fauna of Early Carboniferous age in the Anjihai Formation. In contrast, the brachiopod assemblage suggests a Late Devonian age for the Anjihai Formation. Integration of fossil assemblages and paleogeographical and paleobiogeographical settings indicates that the Bayingou area belongs to the eastern Junggar tectonic complex rather than the central-south Tianshan complex. The latter is characterized by the presence of *Gigantoproductus* fauna during the Early Carboniferous. Thus, the Bayingou ophiolite mélangé is late Devonian in age. The top of the stratal package of the ophiolite mélangé should be re-assigned to the Taoxigou Group rather than the Keguoqingshan Formation in view of lithological features and tectonostratigraphic provinces. The former was established to accommodate the stratal package of volcanics, conglomerates and mudstone in the Junggar block, while the latter is poorly defined for the conglomerates exposed in the western Tianshan areas. Accordingly, the Bayingou ophiolite mélangé succession comprises the late Devonian Anjihai Formation, the Carboniferous Bayingou and Shadawang Formations, and the Taoxigou Group of Early Permian age. Xiao et al. (2008) figured an outcrop section showing a distinct angular unconformity between the Permian turbidite and the Middle-Upper Triassic red beds at the Aiweiergou area, about 110 km south of Urumqi, the capital city of Xinjiang Province,

northwest China. These authors considered that this unconformity indicates the closure of the Tianshan Ocean and final tectonic accretion might have taken place between the latest Permian and the Triassic. However, the six-decade stratigraphic studies reveal that the Upper Permian in the Aiweiergou area does not represent a turbidite sequence, but comprises the terrestrial lake facies sandstone and mudstone of the Loucaogou Formation, yielding abundant non-marine fossils of plants, bivalves and gastropods. The overlying red beds comprise the conglomerate and sandstone and belong to the Kelamayi Formation. The unconformity between these two units is widely distributed in southern margins of the Junggar Basin, indicating a further tectonic uplift event during the Late Permian. The Aiweiergou area, however, has uplifted and became terrestrial settings during the Early Permian. Thus, Xiao et al.'s (2008) observation on the Permian and Triassic sediments and inference at the Aiweiergou section are incorrect. In fact, the molasse-type sediments of the Taoxigou Group are conspicuous at the basal part of the Permian successions at the Aiweiergou area. This unit is constrained as an Early Permian age by the macrofloral assemblage. The molasse succession therefore can be interpreted as the result of tectonic uplift due to the closure of the south Tianshan Ocean prior to the Early Permian. This tectonic inference agrees well with faunal assemblages from both sides of the South Tianshan complex and the previous tectonic studies at that region. Here, we infer that the closure of the South Tianshan Ocean and tectonic accretion of the Tianshan blocks might have taken place during the Late Carboniferous to Early Permian times.

Key words: ophiolitic mélange; turbidite; Carboniferous; Permian; tectonic evolution; Tianshan