新疆北部大地构造研究中几个问题的评述
——兼论地质图在区域构造研究中的重要意义

郭召杰
GUO Zhao-jie

北京大学地球与空间科学学院,北京 100871
School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China

摘要:地质图是区域地质和大地构造研究的重要基础资料,认真研读地质图是大地构造学研究的重要途径。以新疆北部几个重要构造带为例,展示了地质图的分析、研读在大地构造研究中的重要意义。基于地质图分析并结合最新的研究资料,认为东准噶尔卡拉麦里造山带的碰撞时限不晚于早石炭世(370~340Ma);西准噶尔达拉布特构造带形成于石炭纪晚期,该带不具有板块边界或者俯冲-缝合带的属性;以巴音沟蛇绿岩带为代表的北天山洋盆的缝合时限在晚石炭世(325~316Ma)。由此推断,新疆北部地区洋盆俯冲和地体拼贴碰撞造山过程应该在晚石炭世之前完成。

关键词:地质图;大地构造;新疆北部;缝合时限;中亚造山带
中图分类号:P548 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-2552(2012)07-1054-07

Guo Z J. A review on the Paleozoic tectonic evolution of northern Xinjiang and a discussion on the important role of geological maps in tectonic study. *Geological Bulletin of China,* 2012,31(7):1054–1060

Abstract: Geological maps play a foundational role in the study of regional geology and tectonics. Taking northern Xinjiang as an example, this paper demonstrated the important role that geological maps play in constraining regional tectonic setting. Geological maps in combination with geochronological data from literatures demonstrate that the collisional age of Kelamaili orogenic belt is constrained to 373-343Ma, and that Darbut ophiolitic belt in western Junggar which was formed in Late Carboniferous should not be interpreted as a significant plate boundary. The time of northern Tianshan collision event between the Yili and Junggar terranes was about 325-316 Ma. It is thus concluded that the accretion of terranes in northern Xinjiang had been completed before Late Carboniferous.
Key words: geological map; tectonics; northern Xinjiang; suturing time; CAOB

2011 年 4 月中旬,值全国“构造地质与地球动力学”会议在南京大学召开之际,笔者受中国地质科学院地质研究所刘训研究员的邀请,在全国地质志构造-地层研讨会上以《道听“图”说——新疆造山带与盆地构造研究中的几个关键问题》为题,简要介绍了地质图在新疆北部大地构造研究中的重要作用与意义,并借此向广大地质志研究和编辑专家表达感谢和希望,愿新一代地质志一定会提供更全面、更系统和更新颖的基础地质图件,造福广大地质工作者,服务国家资源安全与勘查战略。

1 问题与地质背景

中亚造山带(CAOB)是世界上最大的显生宙增生造山带之一,位于欧亚大陆的西伯利亚板块与塔里木板块、中朝板块之间,西起乌拉尔地区,经过乌兹别克斯坦、塔吉克斯坦、吉尔吉斯斯坦、哈萨克斯坦、中国西北地区、蒙古、中国东北地区,一直延伸至俄罗斯远东地区[1-3]。新疆北部位于哈萨克斯坦、蒙古-内蒙

收稿日期:2012-01-17;**修订日期**:2012-05-09
资助项目:国家科技重大专项《复杂含油气盆地构造及其控油气作用》(编号:20119ZX05009-001)和国家自然科学基金项目(批准号:40972147)
作者简介:郭召杰(1963-),男,教授,从事构造地质学(造山带与盆地构造)和石油地质学教学、研究工作。E-mail: zjguo@pku.edu.cn

古和西伯利亚之间,对研究中亚造山带的构造演化有重要意义。近 20 年来对新疆北部及其邻区古生代构造格局与演化的研究,基本识别和厘定了新疆北部地区蛇绿混杂岩带的特征与展布,初步确定了不同蛇绿岩带的形成时限,并且认识到晚古生代是中亚造山带重要的后碰撞岩浆活动期[4-13],但是在关键构造演化问题上仍存在重大分歧,分歧的焦点主要集中于古生代洋盆闭合与造山过程的时限问题,例如近期争论不休的中亚造山带是古生代的造山带还是造山过程一直持续到二叠纪末期—三叠纪的问题[5-6,14-17]。

地质图特别是大比例尺区域地质调查图,是一个地区区域地质研究成果的综合和集成,它客观地记录并展示了该地区区域地质格局、岩石地层划分与展布特征、不同构造单元和构造层的相互关系等。随着研究程度的深化,不同单元的构造属性解释可以发生变化,但是地质图所展示的基本地质事实仍是客观的。针对中亚造山带研究中的关键问题,本文在综合分析、研究地质图的基础上,对新疆北部几条主要构造带的属性与形成时限进行了讨论。

2　东准噶尔卡拉麦里造山带

卡拉麦里造山带是中亚构造框架中一个非常重要的构造单元(图 1),被认为是西伯利亚板块和准噶尔-哈萨克斯坦板块缝合的位置,对中亚造山带的构造演化有重要的意义[14,18-20]。卡拉麦里造山带呈北西西—南东东走向,以蛇绿混杂带的出露为标志。

在 1966 年完成的该地区 1:20 万地质图中,虽然当时还没有板块构造的思想,但是地质图中真实地展示并刻画出了该区蛇绿混杂岩带的特征及其展布。图 1 改编简化自原 1:20 万地质图①,可以看出沿卡拉麦里山、塔克扎勒山和莫钦乌拉山等北西西—南东东走向延伸,夹于南侧的将军庙地块和北侧野马泉构造带之间,以区域性断裂带为界,主要为蛇绿岩块和混杂基质两部分组成的蛇绿混杂岩带,混杂带的基质主要为暗色泥岩、粉砂岩和火山碎屑岩,多呈片理化或千枚岩化的岩石,在原地质图中被称为南明水组(C_1n)。蛇绿岩被强烈肢解,主要由辉石岩、辉长岩、玄武岩、红色硅质岩等岩块组成,在地质图上清晰显示出大小不等、走向与区域构造线一致的透镜状构造岩块。

卡拉麦里蛇绿混杂岩带以北由泥盆系和石炭系为主的火山碎屑岩及上覆中生界陆源碎屑岩组成,发育了以花岗岩为主的大规模岩浆活动。卡拉麦里蛇绿混杂岩带以南由一套泥盆纪以来的火山-沉积岩系组成,岩石组成以滨、浅海相及陆相碎屑岩、少量火山熔岩、火山碎屑岩为特征。上述地质事实表明,古卡拉麦里洋盆的消减是向北俯冲的,北侧是以弧岩浆带为代表的活动陆缘,而南侧应该是稳定的被动陆缘的沉积系统,这与该构造带的运动学研究结果是一致的[7]。

关于卡拉麦里洋盆闭合的时限目前还有不同的认识。自 20 世纪 70 年代将分布于卡拉麦里地区的基性、超基性岩确定为蛇绿岩以来[21],国内外学者对卡拉麦里蛇绿混杂岩带的研究一直高度重视。李锦轶等[5]根据该带中采集到的不晚于早泥盆世的疑源类和放射虫微体化石,同时蛇绿混杂岩被维宪期—纳缪尔期的残余洋盆沉积不整合覆盖,限定卡拉麦里蛇绿岩的形成年龄为早泥盆世中—晚期至中泥盆世早期;舒良树等[9]在该蛇绿岩套上部单元的红色硅质岩中发现了晚泥盆世法门期—早石炭世杜内期的放射虫化石,代表了卡拉麦里蛇绿岩的形成年龄;唐红峰等[22]报道了与卡拉麦里蛇绿岩伴生的斜长花岗岩,并进行地球化学分析和年代学分析,认为该斜长花岗岩为蛇绿岩套的一部分,其 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 373Ma。上述资料和证据基本确定了卡拉麦里蛇绿岩的形成时代,晚泥盆世之前已经存在卡拉麦里洋盆,并可能延续至早石炭世。卡拉麦里蛇绿岩带所代表的洋盆最终闭合的时限目前存在很大的争议。李锦轶等[6]根据清水以北地区石炭纪晚期(约 300Ma)的花岗岩切穿侵入到蛇绿岩带中,并且在卡拉麦里山蛇绿岩被石炭系南明水组(维宪阶)残余海盆沉积不整合覆盖等证据,推断古卡拉麦里洋盆的关闭应该在维宪阶之前。近期又有学者基于岩浆活动的研究认为东准噶尔在晚二叠世仍然有洋壳俯冲[16,23]。因此,目前对卡拉麦里古洋盆闭合造山时限的确定,还值得进一步研究。

从图 1 可以看出,在卡拉麦里山的南侧,发育一套以下石炭统塔木岗组和松喀尔苏组为代表的粗碎屑岩系,袁复礼先生 1930 年将这套砾岩、砂岩命名为“山梁漂砾层”,1965 年新疆地矿局将这套粗碎屑岩系改称为“山梁砾石组”[24]。塔木岗组和松喀尔苏组的岩性和厚度在横向上变化比较大,其中松喀尔苏组最为典型。松喀尔苏组为一套海陆交互相的粗碎屑岩,主要分布在滴水泉、六棵树以南和双井子以

东地区,在双井子地区主要以灰黄、灰绿色砾岩、砂砾岩、含砾粗砂岩为主,夹砂岩、粉砂岩、页岩及煤线,最大厚度达 1600m。向北西延伸到到滴水泉一带,岩石粒度变细,主要以紫红色泥岩、凝灰质粉砂岩为主,夹炭质泥岩及煤线,厚度近 610m,含大量的植物化石。可以看出在近卡拉麦里造山带附近的双井子地区这套岩系主要发育粗粒屑沉积,较远端滴水泉地区则以细粒屑为主,并且沉积厚度逐渐减小,表现为楔状沉积。笔者认为这是典型的前陆磨拉石建造,是与卡拉麦里造山带碰撞作用密切相关的同构造期沉积,是对卡拉麦里造山事件的沉积响应,可以准确限定卡拉麦里造山事件的时代。笔者对该磨拉石沉积岩系开展的碎屑锆石测年结果,获得的最年轻组分的碎屑锆石年龄是 343Ma,故该磨拉石的形成时代应该为早石炭世之前(详细资料另文报道)。从图 1 还可以看出,以陆相中—基性火山岩、火山碎屑岩为主的巴塔玛依内山组不整合在这套磨拉石之上,并且超覆于卡拉麦里混杂带及其两侧之上,谭佳奕等[25]曾获得该组火山岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 346Ma±7Ma,也证明卡拉麦里缝合时代应该是在 340Ma 之前完成的。

由此可见,晚泥盆世之前就已经出现的卡拉麦里古洋盆经过洋壳俯冲消减,最终在早石炭世(340Ma)之前完全闭合,进入陆陆碰撞造山阶段,其大致时限为 370~340Ma。

3 西准噶尔达拉布特构造带

西准噶尔地区是中亚古生代俯冲-增生复合造山带的主要组成部分[14,26],发育有唐巴勒、玛依勒、达拉布特、白碱滩等多条蛇绿岩带,中外学者都有过较多研究[27-32],其中达拉布特蛇绿岩带是西准噶尔地区最重要的蛇绿岩带之一,由达拉布特蛇绿岩带所代表的洋盆的演化历史对揭示西准噶尔地区古生代以来的演化过程具有重要意义(图 2)。但是其形成时代久存争议:肖序常等[14]、张弛等[28]依据蛇绿岩上部硅质岩中放射虫化石认定蛇绿岩时代为早—中泥盆世;朱宝清等[33]在蛇绿岩带中基性火山岩所夹灰岩透镜体中采到 *Squameofavosites* sp. (鳞巢珊瑚),初定为泥盆纪;张弛等[28]在蛇绿岩的辉长岩中获得 395Ma±12Ma 的 Sm-Nd 等时线年龄,确定其形成时代为中泥盆世;辜平阳等[33]在达拉布特蛇绿岩辉长岩中获得了 391Ma±7Ma 的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄。上述资料表明,不同学者获得的达拉布特蛇绿岩的形成年龄是比较一致的。但是目前对于达拉布特蛇绿岩带的侵位时限和构造属性还有不同的认识。白碱滩蛇绿岩带与达拉布特蛇绿岩带平行(图 2),二者相距 40km。白碱滩蛇绿岩的形成时代资料不尽相同,如其中辉长岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄有 414Ma±9Ma 和 332Ma±12Ma 两组年龄[29],对于这两组年龄的解释尚不确定;何国琦等[30]根据在蛇绿岩的硅质岩、硅质泥岩中发现的微体古生物化石限定蛇绿岩的形成时代不新于中-晚奥陶世,但其侵位时代尚不确定。

近期有的学者提出在西准噶尔地区,俯冲增生作用一直持续到二叠纪末期[26];也有的学者依据西准噶尔地区出现的埃达克岩、高镁闪长岩、A 型花岗岩、富 Nb 玄武岩的特殊岩石组合,认为西准噶尔地区晚石炭世—二叠纪存在洋中脊俯冲[34-35]。

从图 2 所示可以看出,西准噶尔地区广泛发育近椭圆状花岗岩侵入体,这类花岗岩没有变形,其分布空间范围往往不受达拉布特蛇绿岩带的限制,而是在其两侧均有出现,以阿克巴斯套岩体、红山岩体、克拉玛依北岩体、哈图岩体、庙尔沟岩体为代表,大量的年代学证据显示西准噶尔地区这期花岗岩的峰期活动时限为310Ma 左右[15]。上述基本事实表明,西准噶尔地区古洋盆的闭合和蛇绿岩带的就位应该不晚于该期花岗岩的侵位年龄。在达拉布特蛇绿岩带东延的萨尔托海附近,作为蛇绿岩组分的超镁铁岩和围岩同时被一个小的花岗岩(也格孜卡拉岩体)侵入,野外可见明确的侵入接触关系。也格孜卡拉花岗岩是在达拉布特蛇绿岩带就位之后侵入到蛇绿岩带中的,是典型的"钉合岩体"[36]。也格孜卡拉花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 308Ma±3Ma (MSWD=0.83),该年龄也限定了达拉布特蛇绿岩带的侵位时代的上限[37]。综上所述,西准噶尔地区古生代洋盆的消减和增生过程,不会晚于石炭纪末期。

对西准噶尔地区地质图的研读,也有助于确定达拉布特蛇绿岩带的构造属性。图 2 清晰地显示,在达拉布特蛇绿岩带的两侧均发育下石炭统火山-沉积地层,1:20 万区测中将这套分布于两侧的同一套地层分别划分为希贝库拉斯组、包古图组和太勒古拉组。近年在达拉布特蛇绿岩带两侧地层中获取的火山岩同位素年代学数据大多集中在早石炭世:王瑞等[38]获得哈图金矿附近太勒古拉组凝灰岩

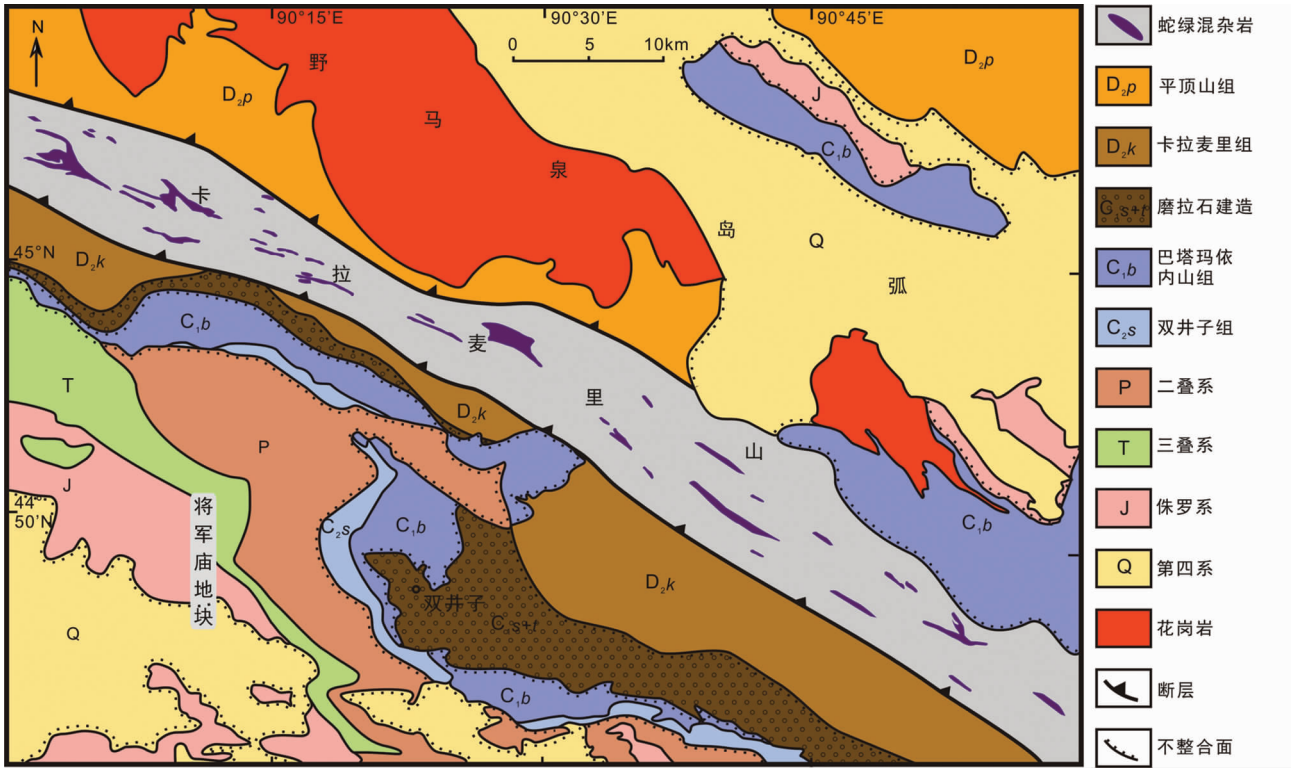


图 1　东准噶尔卡拉麦里造山带双井子地区地质图

Fig. 1　Geological map of Kelamaili orogenic belt in Shuangjingzi area, eastern Junggar

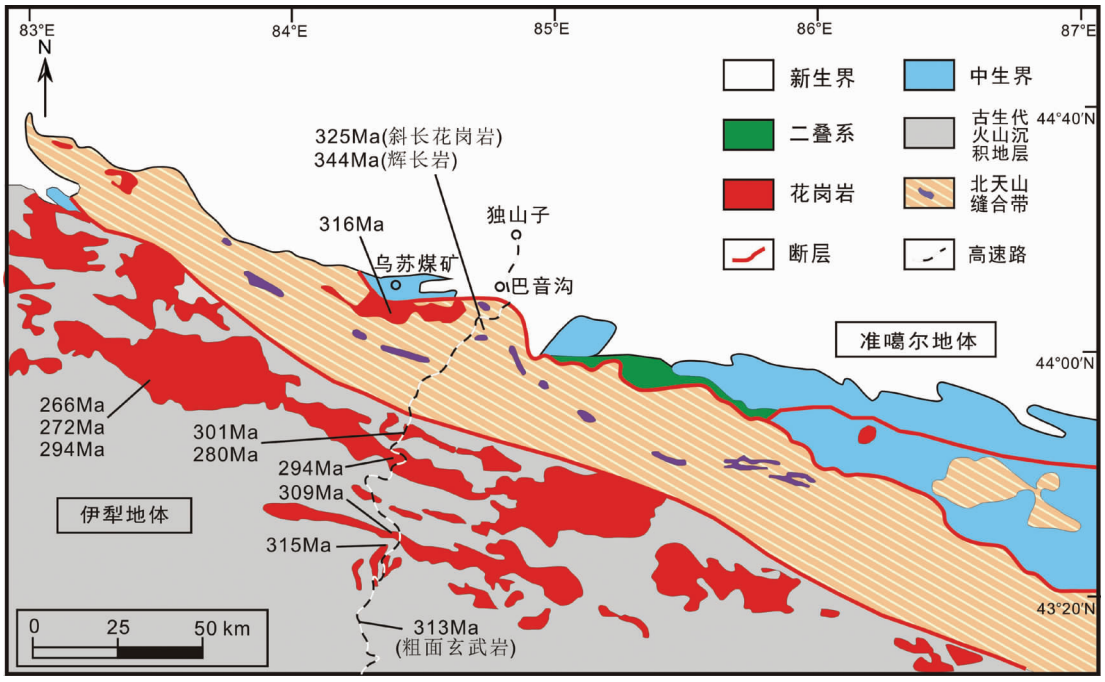


图 3　北天山巴音沟蛇绿岩带地质图(据参考文献[36]修改)

Fig. 3　Geological map of Bayingou ophiolite in northern Tianshan Mountains

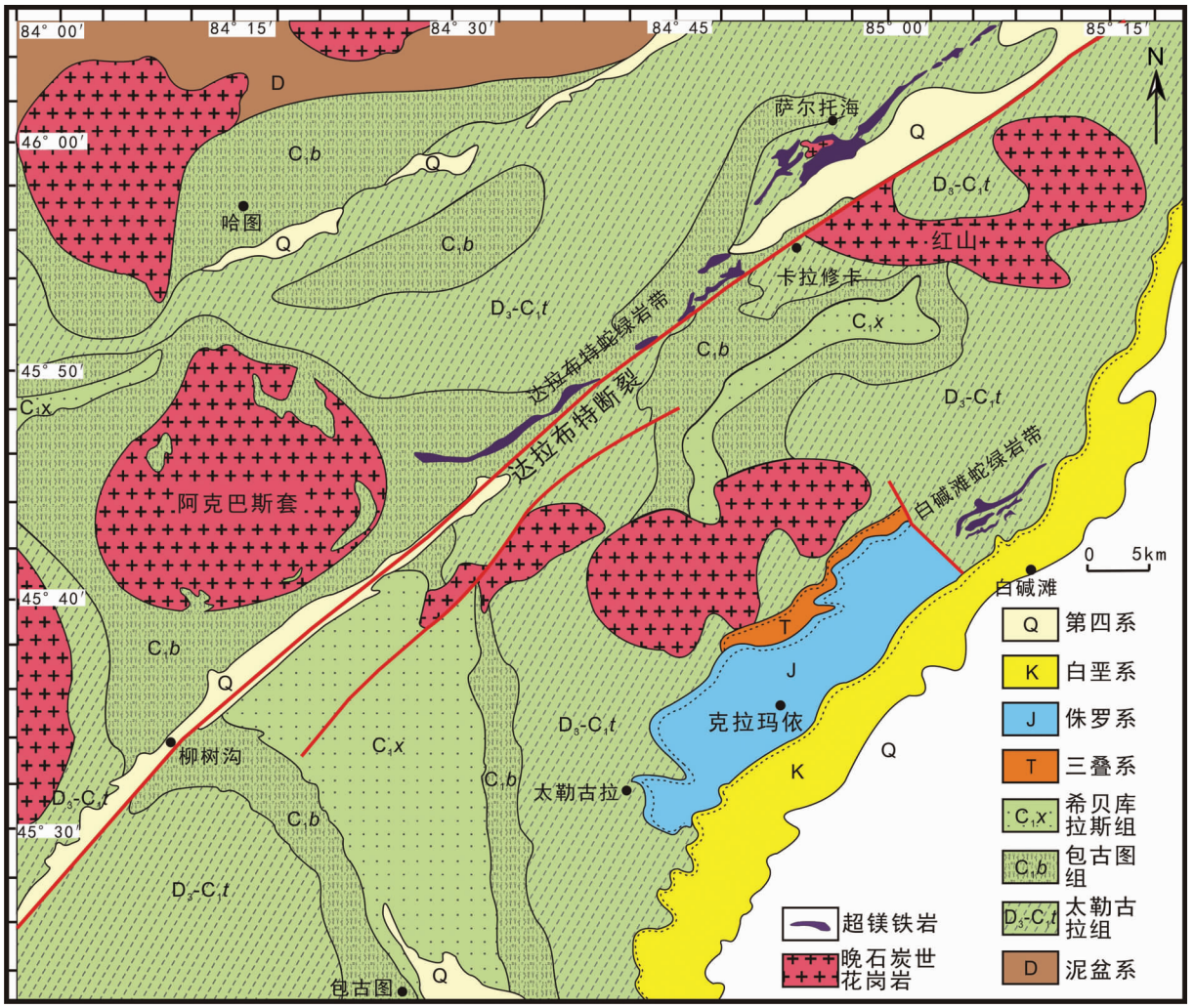


图 2 达拉布特构造带与西准噶尔地区地质图

Fig. 2 Geological map of Darbut tectonic zone and western Junggar area

SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 328Ma；安芳等[39]获取了包谷图金矿区包谷图组的凝灰岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 328~342Ma；佟丽莉等[40]对达拉布特蛇绿岩带南包古图组安山岩进行 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年，结果为 345Ma±6.2Ma；郭丽爽等[41]获取克拉玛依西侧的希贝库拉斯组、包古图组和太勒古拉组凝灰岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄分别为 336.3Ma±2.5Ma、332.1Ma±3.0Ma 和 357.5Ma±5.4Ma。因此，达拉布特蛇绿岩带两侧的地层时代没有差别，均为下石炭统，地层时代集中于 328~357Ma 之间。

达拉布特蛇绿岩带两侧均发育稳定的火山-沉积层序，岩石组合特征相同，具有很好的可对比性及区域延伸：在达拉布特蛇绿岩带两侧，太勒古拉组-包谷图组-希贝库拉斯组均为含海相中基性火山岩和硅质岩建造的火山碎屑、硅泥质沉积岩-含有大量浊流沉积和滑塌堆积的灰岩、泥灰岩和生物碎屑灰岩透镜体的含砾杂砂岩-含有凝灰质砾岩和角砾的粗粒火山碎屑沉积岩的沉积层序，在太勒古拉组中下部发育硅质岩与玄武岩的组合，这套岩石组合作为重要的指相标志层在达拉布特蛇绿岩带两侧区域和阿克巴斯套岩体西侧太勒古拉组中都有发育，其中以太勒古拉地区、白碱滩地区、大棍地区出露最完全，指示达拉布特蛇绿岩带两侧地层形成于同一构造背景，发育相同的稳定沉积层序。

综上所述，达拉布特蛇绿岩带两侧区域展布的地层为同一层位的下石炭统，均发育稳定沉积层序，岩石组合特征相同，具有很好的可对比性，它们不受达拉布特蛇绿岩带的分隔，因此该套岩石地层应该

形成于同一个海盆中，不可能是形成于被一个板块俯冲带分割的不同板块上。这套下石炭统层序充填时,达拉布特蛇绿岩带应该还没有侵位。由此可以推断,达拉布特蛇绿岩带不具备板块缝合边界的性质,因此也不应该是洋脊俯冲的位置。从区域上看,西准噶尔地区与北疆地区其它线性构造带不同，蛇绿岩分布分散,延伸方位杂乱,整体呈面状分布,并且蛇绿岩的时代存在差异、跨度范围很大。西准噶尔地区的蛇绿岩分布和时代特征与东地中海—西土耳其地区蛇绿岩(时代从古生代—新近纪)非常相似[42],这种相似性显示西准噶尔地区晚古生代的构造演化与东地中海—西土耳其地区古特提斯洋-新特提斯洋的演变过程类似,符合残余洋盆的演化模式[37]。

4　天山北缘蛇绿岩带

分布于中天山北缘断裂带北侧的北天山蛇绿岩带,呈北西西—南东东向展布,从艾比湖经巴音沟向东延伸至后峡地区[14],构成天山北缘一条重要的古生代蛇绿岩带,长度超过 300km(图 3)。北天山蛇绿混杂岩主要由 2 种岩性组成：代表洋壳残余的蛇绿岩和由火山-沉积岩组成的俯冲增生杂岩。前人对北天山蛇绿岩的形成时代进行过研究，得到的结果在寒武纪到早石炭世的范围内,跨度很大,且早期的定年方法得到的结果也不精确。

以巴音沟蛇绿岩为例,关于其形成年代,多年来的研究一直存在争议。主要认为其形成于石炭纪或形成于晚泥盆世—早石炭世[14]。同样,对巴音沟蛇绿岩形成环境的认识亦有不同观点。

蛇绿岩中斜长花岗岩的形成年龄与蛇绿岩中的辉长岩、辉绿岩、基性熔岩的形成年龄基本相当,代表了蛇绿岩的形成年龄。徐学义等[43]对斜长花岗岩中锆石进行高精度的 SHRIMP U-Pb 定年,得到年龄为 325Ma±7Ma，代表了巴音沟蛇绿岩的形成年龄,说明至少在 325Ma±7Ma 之前,北天山洋还没有完全闭合。针对前人关于巴音沟蛇绿岩侵位时代的不同认识,Han 等[36]根据侵位到蛇绿混杂岩中的未变形花岗岩的年龄,准确限定了该蛇绿岩带的侵位时代。

从图 3 可以看出,在乌苏的四棵树煤矿南侧,未变形的四棵树花岗岩体侵入到蛇绿岩带内。四棵树花岗岩以东为巴音沟蛇绿岩,以西是莫托沟蛇绿岩。该岩体主要由花岗闪长岩组成，有少量闪长岩和红色钾长花岗岩,花岗岩与围岩的侵入关系清晰。上述地质关系表明,四棵树岩体是在北天山蛇绿混杂岩形成之后侵位的。Han 等[36]获得的四棵树岩体 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 316Ma±3Ma(MSWD=1.4)。由此可以断定，北天山缝合带的缝合时限在 325~316Ma 之间。

5　结　论

地质图是区域地质和大地构造研究的重要基础资料，认真研读地质图有助于了解和掌握研究区的区域地质格局、岩石地层划分与展布特征、不同构造单元和构造层的相互关系等，在此基础上再开展针对性的年代学、岩石地球化学和构造地质学分析,是大地构造学研究的重要途径。

以新疆北部的东准噶尔卡拉麦里构造带、西准噶尔达拉布特构造带和北天山巴音沟蛇绿混杂岩带为例，介绍了地质图在大地构造研究中的重要作用与意义。结果表明,东准噶尔卡拉麦里造山带的碰撞时限为早石炭世，西准噶尔达拉布特构造带形成于石炭纪晚期，同时指出该带不具有板块边界或者俯冲-缝合带的属性，以巴音沟蛇绿岩带为代表的北天山洋盆的缝合时限为晚石炭世(在 325~316Ma 之间)。因此,新疆北部地区在晚石炭世之前已经完成洋盆俯冲和碰撞拼贴造山过程。

致谢：感谢北京大学地球与空间科学学院韩宝福、朱永峰教授在研究工作中与笔者的多次有益讨论和北京大学何国琦教授、中国地质科学院地质研究所李锦轶研究员给予的指导。

参考文献

[1]Sengör A M C, Natal´in B A, Burtman V S. Evolution of the Altaid tectonic collage and Paleozoic crustal growth in Eurasia[J]. Nature, 1993, 364:299-307.

[2]Jahn B M. The Central Asian Orogenic Belt and Growth of the Continental Crust in the Phanerozoic[C]. Geological Society London, Special Publication, 2004, 226:73-100.

[3]Windley B F, Alexeiev D, Xiao W J,et al. Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt[J]. Journal of the Geological Society London, 2007, 164: 31-47.

[4]李锦轶, 肖序常, 汤耀庆, 等. 新疆东准噶尔卡拉麦里地区古板块构造研究的新进展[J]. 科学通报, 1988, 33:762-764.

[5]李锦轶,肖序常,汤耀庆,等. 新疆东准噶尔卡拉麦里地区晚古生代板块构造的基本特征[J]. 地质论评,1990, 36(4):305-316.

[6]李锦轶. 新疆东准噶尔蛇绿岩的基本特征和侵位历史[J]. 岩石学报,1995,11(增刊):74-84.

[7]李锦轶,杨天南,李亚萍,等. 东准噶尔卡拉麦里断裂带的地质特

征及其对中亚地区晚古生代洋陆格局重建的约束[J]. 地质通报. 2009, 28(12): 1817-1826.

[8]Han B F, Wang S G, Jahn B M, et al. Depleted-mantle magma source for the Ulungur River A-type granites from North Xinjiang, China: Geochemistry and Nd-Sr isotopic evidence, and implication for Phanerozoic crustal growth[J]. Chemical Geology, 1997, 138:135-159.

[9]舒良树,王玉净. 新疆卡拉麦里蛇绿岩带中硅质岩的放射虫化石[J]. 地质论评,2003, 49(4):408-411.

[10]简平,刘敦一,张旗,等. 蛇绿岩及蛇绿岩中浅色岩的 SHRIMP U-Pb 测年[J]. 地学前缘,2003, 10(4): 439-456.

[11]王京彬,徐新.新疆北部后碰撞构造演化与成矿[J].地质学报, 2006, 80(1):23-31.

[12]肖文交, Windley B F, 阎全人, 等. 北疆地区阿尔曼太蛇绿岩锆石 SHRIMP 年龄及其大地构造意义[J]. 地质学报, 2006, 80(1): 32-37.

[13]张招崇, 阎升好, 陈柏林, 等.新疆东准噶尔北部俯冲花岗岩的 SHRIMP U-Pb 锆石定年[J].科学通报, 2006, 51(13): 1565-1574.

[14]肖序常,汤耀庆,冯益民,等.新疆北部及邻区大地构造[M]. 北京:地质出版社, 1992: 104-123.

[15]韩宝福, 季建清, 宋彪, 等.新疆准噶尔晚古生代陆壳垂向生长(Ⅰ)——后碰撞深成岩浆活动的时限[J]. 岩石学报, 2006, 22(5): 1077-1086.

[16]毛启贵, 肖文交, 韩春明, 等. 新疆东天山白石泉铜镍矿床基性—超基性岩体锆石 U-Pb 同位素年龄、地球化学特征及其对古亚洲洋闭合时限的制约[J].岩石学报, 2006, 22(1):153-162.

[17]肖文交,韩春明,袁超,等. 新疆北部石炭纪—二叠纪独特的构造成矿作用:对古亚洲洋构造域南部大地构造演化的制约[J].岩石学报,2006, 22(5):1062-1076.

[18]何国琦,李茂松,刘德权,等.中国新疆古生代地壳演化及成矿[J]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社,1994: 1-437.

[19]马瑞士,舒良树,孙家齐.东天山构造演化与成矿[M]. 北京:地质出版社,1997:1-202.

[20]Charvet J, Laurent-Charvet S,Shu L S. Paleozoic continental accretions in Central Asia around Junggar block:new structural and geochronological data[J].Gondwana Research,2001,4: 590-591.

[21]任纪舜,姜春发,张正坤,等.中国大地构造及其演化[J]. 北京:科学出版社,1980:1-124.

[22]唐红峰,苏玉平,刘从强,等.新疆北部卡拉麦里斜长花岗岩的锆石 U-Pb 年龄及其构造意义[J]. 大地构造与成矿学,2007, 31(1):110-117.

[23]Briggs S M, Yin A, Craig E M, et al. Late Paleozoic tectonic history of the Ertix Fault in the Chinese Altai and its implications for the development of the Central Asian Orogenic System[J]. Gelogical Socienty of America,2007, 119: 944-960.

[24]新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆维吾尔自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1993.

[25]谭佳奕, 吴润江, 张元元, 等. 东准噶尔克拉美丽地区巴塔玛依内山组火山岩特征和年代确定[J].岩石学报, 2009, 25(3): 539-546.

[26]Xiao W J, Han C M, Yuan C,et al. Middle Cambrian to Permian subduction-related accretionary orogenesis of North Xinjiang, NW China: implications for the tectonic evolution of Central Asia [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2008, 32:102-117.

[27]Kwon S T, Tilton C R,Coleman,et al. Isotopic investigations on the tectonic of the West Junggar region, Xinjiang, China[J]. Tectonics, 1989, 8: 719-727.

[28]张弛,黄萱. 新疆西准噶尔蛇绿岩形成时代和环境的探讨[J]. 地质论评, 1992, 38(6): 509-524.

[29]徐新,何国琦,李华芹,等.克拉玛依蛇绿混杂岩带的基本特征和锆石 SHRIMP 年龄信息[J]. 中国地质,2006, 33(3):470-475.

[30]何国琦,刘建波,张越迁,等. 准噶尔盆地西北缘克拉玛依早古生代蛇绿混杂岩带的厘定[J]. 岩石学报,2007, 23(7):1573-1576.

[31]朱永峰,徐新,陈博,等. 西准噶尔蛇绿混杂岩中的白云母大理岩和石榴角闪岩:早古生代残余洋壳深俯冲的证据[J]. 岩石学报, 2008, 24(12): 2767-2777.

[32]辜平阳,李永军,张兵,等.西准噶尔达拉布特蛇绿岩中辉长岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年[J]. 岩石学报,2009, 25(6): 1364-1372.

[33]朱宝清,冯益民. 新疆西准噶尔板块构造及演化[J]. 新疆地质, 1994, 12(2):91-105.

[34]Geng H Y, Sun M, Yuan C,et al. Geochemical, Sr-Nd and zircon U-Pb-Hf isotopic studies of Late Carboniferous magmatism in the West Junggar, Xinjiang: Implications for ridge subduction?[J].Chemical Geology, 2009, 266: 364-389.

[35]Tang G, Wang Q, Wyman D A,et al. Ridge subduction and crustal growth in the Central Asian Orogenic Belt: Evidence from Late Carboniferous adakites and high-Mg diorites in the western Junggar region, northern Xinjiang (west China)[J]. Chemical Geology,2010, 277: 281-300.

[36]Han B F, Guo Z J, Zhang Z C, et al. Age, geochemistry, and tectonic implications of a late Paleozoic stitching pluton in the North Tian Shan suture zone, western China[J]. Geological Society of America Bulletin, 2010,122:627-640.

[37]陈石,郭召杰.达拉布特蛇绿岩带的时限和属性以及对西准噶尔晚古生代构造演化的讨论[J]. 岩石学报,2010, 26(8):2336-2344.

[38]王瑞, 朱永峰. 西准噶尔宝贝金矿地质与容矿火山岩的锆石 SHRIMP 年龄[J]. 高校地质学报,2007, 13(3): 590-602.

[39]安芳,朱永峰. 新疆西准噶尔包古图组凝灰岩锆石 SHRIMP 年龄及其地质意义[J]. 岩石学报, 2009, 25(6): 1437-1445.

[40]佟丽莉, 李永军, 张兵, 等.新疆西准噶尔达尔布特断裂带南包古图组安山岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年及地质时代[J]. 新疆地质, 2009, 27(3): 226-230.

[41]郭丽爽,刘玉琳,王政华,等. 西准噶尔包古图地区地层火山岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学研究[J]. 岩石学报, 2009, 26(2):471-478.

[42]Gurer O F, Aldanmaz E. Origin of the Upper Cretaceous-Tertiary sedimentary basins within the Tauride-Anatolide platform in Turkey[J]. Geol. Mag. ,2002, 139 (2): 191-197.

[43]徐学义,夏林圻,马中平,等. 北天山巴音沟蛇绿岩斜长花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及蛇绿岩成因研究[J]. 岩石学报,2006,22(1):83-94.

① 新疆维吾尔自治区地质局区测大队.库普幅和拉麦里山幅 1:20 万地质图.1966.