

古中亚复合巨型缝合带 南缘构造演化

肖序常 汤耀庆 主编



北京科学技术出版社

前 言

从1985年起到1989年五个年度以中国地质科学院为主与美国斯坦福大学地学院为主的中美地学合作“缝合带蛇绿岩、高压变质带及构造演化”考察组，分别在中国西、北部（新疆、内蒙古）部分地区和美国西海岸山脉中、南段进行了考察对比研究。众所周知，对中国西、北部的内蒙古—东准噶尔—天山构造带的研究，不仅是对古亚洲巨缝合带（或“古亚洲域”、“古亚洲洋”）南缘构造演化特点的深入剖析，同时对板块构造学说在大陆上的运用和验证也有着重要意义。对中方说，通过对美国西海岸山脉研究工作，对典型蛇绿岩带、高压变质带及其构造演化的对比研究，对深化我国西、北部古造山带的演化特点的认识，提高与上述相应的基础地质以及区域成矿背景的研究，都有着重要的启迪和借鉴。

五年合作考察中取得的成果部分已在“Tectonics”、“Tectonophysics”、“Geology”、“AAPG Bulletin”、“EOS”等国际地质杂志上发表，部分论文在中国第三次构造地质国际学术讨论会、1986—1989年间美国AGU年会、AAPG年会和GSA年会等国际学术会议上宣读。为进一步在国内交流和提供给有关方面参考，以中方为主，在中美合作考察成果基础上，进一步分析整理撰写和编译本论文集。必须指出，第一，本论文集并非包括了中美合作的全部成果，仅收录了近年撰写尚未公开发表的部分论文，如果读者有兴趣了解其它成果，可查阅有关文献。第二，此项目合作虽然每年年终都有学术讨论及总结会议（主要在美国Stanford大学地学院进行），但本文集中各篇文章的学术观点仍未尽一致，希望读者分析参考并提宝贵意见。

此项合作是在地质矿产部国际合作司（原外事局）及有关领导关注下进行的。牵头单位中方是中国地质科学院，美方是斯坦福大学地学院。中方先后由李廷栋、陈毓川以及地质研究所肖序常等为项目负责人或代表，参加工作的地质学家还有地质研究所的颜秉刚、汤耀庆、王作勋、赵民、李锦铁、甘启高（美方承担培训的研究生），西安地质矿产研究所冯益民、朱宝清，沈阳地质矿产研究所的唐克东、张允平，新疆地质矿产局的王广瑞、梁云海，内蒙古地质矿产局的王揖等。美方的负责人是R.G.Coleman院士，参加工作的地质学家有斯坦福大学地学院的S.A.Graham、刘忠光、M.Shige、张之孟，加州大学Santa Barbara分校地质系的C.Hopson、G.Tilton以及上述二校的博士研究生A.R.Carroll、C.L.McKnight、M.S.Hendrix、E.Sobel、温建平。

在五年合作中所取得的成果是与上述地质学家在工作上共同努力、团结配合、互相支持，在学术上发挥各家所长、及时交流、准时提供各项测试数据（主要在美方进行）和年度总结等分不开的。

我们感谢地矿部国际合作司、中国地质科学院、地矿部科技司以及斯坦福大学地学院在合作考察期间给予的关注和指导；感谢中国地质科学院外事处、中国地质科学院地质研究所、西安地矿研究所、沈阳地矿研究所、新疆地矿局、内蒙古地矿局及其所属有关研究所（队），在人、财、物等方面的支持，还值得特别提到的是考察后期新疆国家305项目办公室给予及时的援助。

目 录

前言

古中亚复合巨型缝合带南缘构造演化

..... 肖序常 汤耀庆 李锦铁 赵 民 冯益民 朱宝清 (1)

内蒙古缝合带的构造演化..... 唐克东 张允平 (30)

中国西北部的大陆增长..... R.G.Coleman (55)

中国新疆西准噶尔山系构造演化

..... 冯益民 朱宝清 肖序常 颜秉刚 王广瑞 张允平 (66)

试论新疆东准噶尔古生代板块构造演化..... 李锦铁 (92)

中国天山板块构造演化..... 汤耀庆 赵 民 (109)

中国西部元古代蓝片岩带——世界前寒武纪蓝片岩的最佳论据

..... J.G.Liou S.A.Graham S.Maruyama 王小民

肖序常 A.R.Carroll 朱锦志 冯益民

M.S.Hendrix. 梁云海 C.L.Mcknight 汤耀庆

王作勋 赵 民 朱宝清 (125)

晚古生代准噶尔盆地沉积作用与基底特征

..... A.R.Carroll S.A.Graham M.S.Hendrix Jinchi Chu

C.L.Mcknight 冯益民 梁云海 肖序常

赵 民 汤耀庆 李锦铁 朱宝清 (136)

CONTENTS

Preface

On Tectonic Evolution of the Southern Margin of the Paleasian Composite

Megasuture Zone Xiao xuchang et al. (1)

Tectonic Evolution of Inner Mongolian Suture Zone . . . Tang Kedong et al. (30)

Continental Growth of Northwest China Robert G.Coleman. (55)

Tectonic Evolution of the West Junggar, Xinjiang, China . Feng Yimin et al. (66)

On Evolution of Paleozoic Plate Tectonics of East Junggar, Xinjiang, China
. Li Jinyi (92)

Plate Tectonic Evolution of the Tianshan, China Tang Yaoqing et al. (109)

Proterozoic Blueschist Belt in Western China: Best-documented Precambrian

Blueschists in the World J.G.Liqou et al. (125)

Characteristics of Sedimentation in Late Paleozoic Junggar Basin and Its

Basement A.R.Carroll et al. (136)

古中亚复合巨型缝合带南缘构造演化^①

肖序常 汤耀庆 李锦轶 赵 民

(中国地质科学院地质研究所, 北京)

冯益民 朱宝清

(中国地质科学院西安地质矿产研究所, 西安)

摘 要

介于西伯利亚地台与中朝地台—塔里木地台—卡拉库姆地台之间的中亚古生代造山带, 是世界上典型广阔的“复合巨型缝合带”。本文根据近年中美地学合作在该带南缘(新疆东、西准噶尔、天山以及内蒙古等)实际调查, 重点是古生代(晚前寒武纪以来)蛇绿岩及构造演化的研究, 这一地带古生代的构造演化特点是: 围绕古陆边缘洋盆转化为陆, 有规律的向大陆不断消减增生, 最终形成了大陆上独特的“复合巨型缝合带”。

由于蛇绿岩代表洋壳—上地幔残留体, 对它的分类、对比研究, 对了解洋盆演化和古构造环境重建有重要意义, 因而本文首先对蛇绿岩特征、时代及类型等进行阐述、讨论; 从蛇绿岩地球化学资料、共生沉积建造性质以及代表慢速扩张不发育的堆晶岩(小岩浆房)等推断, 该带蛇绿岩主要形成于小型洋盆如弧后盆地、边缘海盆以及陆间海盆等内。

新疆的大地构造演化主要可分出: 震旦纪—早寒武世古克拉通形成阶段、古生代为主(ϵ —C)的“有限洋盆”演化阶段及陆(板)内造山、山链发展阶段(P—K₂)。作者以新疆大地构造演化为例, 阐述了“有限洋盆”含意, 并认为“巨型缝合带”南缘不存在广阔浩瀚大洋, 一些地带类似现代西太平洋弧—盆构造格局。

文后对准噶尔盆地基底性质、蓝片岩带及洋盆规模等作了扼要讨论。

引 言

介于西伯利亚地台与中朝地台—塔里木地台(块)—卡拉库姆地台之间的中亚古生代造山带, 是大陆岩石圈板块内显生宙洋盆聚散、焊接、碰撞褶皱成山的典型地带, 我们将这一东西向、向南呈弧状的古生代为主的造山带, 称为古中亚复合巨型缝合带(简称为巨型缝合带或巨缝合带)。近几年中美合作考察, 主要集中在该带西南缘塔里木以北的天山, 东西准噶尔及内蒙古东段等地带。研究表明, 中、晚元古代, 这一带已出现古裂谷

^①本文编写主要以1985—1989年中美合作考察为基础, 先后参加合作考察的中方地质学家尚有: 颜秉刚、王广瑞、张允平、唐克东、王揖、梁云海及王作勋等

(胡晓等, 1987; 王荃等, 1989; 王揖等 1985), 古生代的构造演化特点是: 围绕古陆边缘, 洋转化为陆, 有规律地向大陆不断增生, 这一演化最终结果, 形成大陆上独特广袤的巨型缝合带。洋盆的发生、发展, 大陆的增生、演化, 蛇绿岩和高压变质带提供了重要的历史记录, 因而, 本课题侧重对蛇绿岩和古生代以来构造历史的研究, 进而阐述这一巨缝合带演化特征, 探讨大陆造山带形成、演化模式。对该带的深入研究, 也是将板块构造学说运用于大陆岩石圈的进一步验证。

关于前寒武纪, 特别是早、中前寒武纪中亚巨缝合带及其毗邻大小不等的古老陆核相互间的时、空关系、构造演化, 以及古地磁(数据极为有限)等方面问题, 限于近年考察内容、时间等, 本文不予更多涉及。此外, 本论文集内已有专门论著阐述内蒙古和东、西准噶尔及天山构造演化, 故本文仅对该带蛇绿岩及构造演化作一综合概述, 着重近年新资料的补充。

一、天山一东、西准噶尔—内蒙古

古生代褶皱带蛇绿岩综述

中亚巨缝合带内蛇绿岩带的时空分布、构造演化(概况见图 1), 目前还未得到圆满解释, 但总的说来蛇绿岩带是围绕规模不等的古陆核、由老到新的消减和增生; 西伯利亚地台向南直至中蒙边境, 蛇绿岩总的趋向是从老到新展布; 但南面中朝地台北缘, 仅表现为晚元古代—早古生代(早加里东期或稍早)蛇绿岩从南向北的增生, 两大陆块之间蛇绿岩在时空上的分布大体对应, 但不对称。

天山—东、西准噶尔—内蒙古古生代褶皱带蛇绿岩(图 1)的东西延伸情况, 特别是相互间演化关系等, 还有待更多工作, 这里仅就中朝地台—塔里木地块以北主要蛇绿岩予以归纳概述。

(一) 加里东期蛇绿岩带

主要形成时期是寒武纪—奥陶纪(部分地区可能稍早)。东起辽西西拉木伦河柯单山一带^①, 向西至温都尔庙、狼山一带, 有几处基性、超基性岩, 但岩石组合、时代尚无更多资料。再往西至甘肃与内蒙古交界的北山、月牙山和白云山一带, 近年有较确切资料(左国朝、何国琦等, 1987)证实加里东期蛇绿岩的存在; 更西可否与红柳河乃至卡瓦布拉克一带的基性、超基性岩(蛇绿岩?)相连, 视为向南消减的残留? 当时是否与边陲唐巴勒一带洋盆相通? 均有待进一步工作。至于唐巴勒、玛依勒山一带蛇绿岩, 我们视为加里东期洋盆向南对伊犁微地块北缘消减的残留增生体。

^①近年在辽北、内蒙古东段北缘, 有加里东期或更早蛇绿岩(?)的报道, 但其时代、组合等均尚需进一步证实



图1 天山—东、西准噶尔—内蒙古—蒙古蛇绿岩地质综合对比图

Fig.1 Ophiolites and stratigraphic correlation for southern margin of the Palaeozoan

1—蓝闪石岩; 2—石英英云母绿帘片岩; 3—绿帘斜长角闪片岩; 4—中基性火山岩及片岩; 5—中性火山岩及凝灰岩; 6—大理岩及结晶灰岩; 7—蛇纹岩; 8—放射状硅质岩; 9—砾岩; 10—化石及含磷层 (P); 11—灰岩

关于南天山蛇绿岩组合、时代等,有更多分歧。从近年资料看,大体可分出南、北两支蛇绿岩(?)。其北支沿哈尔克山北缘与蓝片岩带相邻的长阿吾子等蛇绿岩(?)为代表,向东可能与巴仑台—包尔图一带的基性、超基性岩(蛇绿岩?)相连,前者可能代表与北面大致对应的、围绕伊犁微地块南缘洋盆消减的残留体;后者可能代表向中天山或围绕古微地块洋盆或海湾消减的残留体。南支沿南天山中部及南缘展布。据近年研究(王作勋等1990)蛇绿岩组合较完整的有西部霍拉山色日克牙依拉克和东部库米什等处蛇绿岩,其形成时代,目前暂列属晚加里东期(详后)。

近年对该带蛇绿岩形成时代取得了一些新资料。

我们对温都尔庙地区蛇绿岩的变辉长—辉绿岩(大部分已变质为斜长角闪岩)中穿插的斜长花岗岩(样品采自图林凯,图2),作了Sm—Nd及 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 同位素年龄测定,前者测得结果为446Ma,后者为444—492Ma(C.Hopson^①,温建平,1988)。斜长花岗岩一般代表蛇绿岩的晚期分异产物,因而中—早奥陶世,可视为该蛇绿岩形成的上限。另据报导(何国琦等,1983),在西拉木伦河柯单山—五道口门一带的柯单山与枕状熔岩伴生的硅质岩及灰岩夹层中发现有:介形虫 *Ecfoprinitia* sp., 有孔虫 *Ammodiscus* sp., 小腕足类 *Acrotretidel*, 放射虫 *Sphaerellari* 及牙形石 *Panderodus* sp.等,其时代归属奥陶纪为宜,它代表蛇绿岩最上限。因而,我们认为温都尔庙地区及西拉木伦河柯单山一带蛇绿岩,大体是同期产物,是寒武纪—奥陶纪或稍早中朝地台北缘洋盆消减的残留体。更西部唐巴勒蛇绿岩,根据近年我们对其内斜长花岗岩 Pb—Pb 法同位素测年为508Ma(详后),因而,我们认为与上述蛇绿岩是同期产物,是沿伊犁微地块北缘洋盆消减的残留体。

(二) 早、中华力西期蛇绿岩带

东起内蒙古贺根山蛇绿岩,向西经蒙古南部戈壁阿尔泰东南(或称外阿尔泰)蛇绿岩带与新疆东准噶尔卡拉麦里和西准噶尔达拉布特蛇绿岩带相连。

该蛇绿岩带形成时代的一些地质依据:

西段东准噶尔卡拉麦里蛇绿岩,过去认为形成于早石炭世或晚泥盆世,经过近年我们的工作,发现该带南明水蛇绿岩之上,为含确切化石的早石炭世晚期或纳穆尔期地层所不整合覆盖,联系到其邻近的钙碱性岩浆岩,与之伴生的中基性火山岩、沉积建造形成时期及以往对该蛇绿岩内辉长岩 K—Ar 法同位素年龄测得为388—392Ma(李锦铁等,1988),该蛇绿岩形成时代为早泥盆世—中泥盆世早期为宜。关于西准噶尔达拉布特蛇绿岩,过去认为属中泥盆世或更晚(冯益民,1985)。主要依据上部洋壳所夹的硅质岩放射虫,特别是薄层灰岩夹层中产 *Favosites* sp., *Pachyfavosites* sp., 及 *Phacellophyllum* sp., 等定为中泥盆世;但考虑到上述 *Favosites* sp. 分布时代为 O_3 — D_1^1 , 以 S — D_1 为主;而 *Pachyfavosites* sp. 则集中在 S_2 — D_2 (林宝玉,池永一等,1988),因此,我们认为该蛇绿岩带形成时期应稍早,大体与东准噶尔卡拉麦里带蛇绿岩同期。当时二者基本上是相互勾通的同一海域,向西它可能与斋桑蛇绿岩带相连,向东可与蒙古南部戈壁阿尔泰东南端已

①参加中美合作考察的美方代表。

确定为早、中华力西期的蛇绿岩带相连 (苏蒙联合考察队, 1990), 更东, 应与内蒙古贺根山一带蛇绿岩相连。关于贺根山蛇绿岩时代, 近年已有较多论述, 大多倾向于形成于早、中泥盆世 (王荃等, 1990; 唐克东, 1989)。

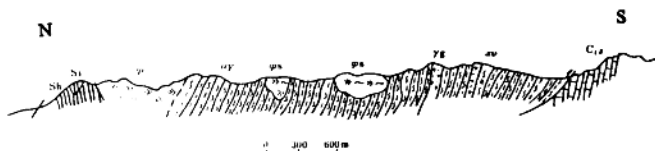


图2 内蒙古朱日和图林凯地质剖面草图

Fig.2 Simplified section from Zhurihe to Tulinkai, Inner Mongolia

sh—薄片岩夹硅质岩 (si), q—黄褐色超基性岩风化壳及蛇纹岩, qn—片理化蛇纹岩, ps—一条带角闪岩 (自辉长岩—角闪辉长岩变质而成?), ye—斜长花岗岩 (作同位素测年龄), C1s—晚石炭世灰岩

上述蛇绿岩的时空分布特征, 可以设想, 继南边加里东期 (或稍早) 洋盆消减, 向北出现了早、中华力西期洋盆。

(三) 晚华力西期蛇绿岩带

内蒙古索伦山一带, 与蛇绿岩上部玄武岩伴生的灰岩透镜体夹层中, 产中石炭世小笔科化石 *Profusulinella* sp., (王荃等, 1990); 向西至蒙古最南端的索朗克尔蛇绿岩, 其上部硅质页岩中含石炭纪化石 (苏蒙联合考察队, 1990); 西段与之大体同期蛇绿岩是北天山巴音沟蛇绿岩, 经我们近年工作, 该处已发现较清楚的辉绿岩岩墙群, 上部枕状玄武岩内硅质岩夹层中, 不仅产放射虫, 同时产牙形石, 经鉴定前者有 *Ceratoikiscus* sp. 为早石炭世, 后者有 *Palmatopsis* sp. indet., *Polygnathites* cf. *P. Perplexus*, *Delotaxis* sp. indet., *Polygnathus* sp. 为晚泥盆世晚期 (分别由美国斯坦福大学 Andrew, J.T. 和美国地质调查所 Anita, G.H. 鉴定)。根据以上成果, 我们初步将该蛇绿岩划属晚华力西期。它向东很可能与玛纳斯河上游一带蛇绿岩, 乃至更东康古尔—黄山一带基性、超基性岩 (我们称为亚或类蛇绿岩类型) 相连。

从空间位置看, 东段索伦山—松多尔及西段北天山巴音沟蛇绿岩带, 均出现于早、中华力西期蛇绿岩带之南。其发生的构造背景可能是: 北面稍早期洋盆收敛、俯冲导致其南引张, 形成的洋盆; 另一种可能是代表西伯利亚板块向南, 最后增生的残留体, 是西伯利亚板块与中朝地台—塔里木地块的最后焊接带。

(四) 以上各蛇绿岩带的主要宏观特征

1. 无论是东段还是西段, 早古生代还是晚古生代蛇绿岩, 大部分已胶解, 以蛇绿混杂体出现, 组合齐全的、连续完整的剖面鲜见; 蛇绿岩下部位的上地幔岩一般出露不厚, 但大部分是分熔熔融 (或萃取熔融 = Extracded melt), 程度较高的斜辉橄辉岩类; 在东段

朝根山及西段黄山—土墩一带，出现较多低分凝熔融的二辉橄辉岩类，我们将其归属类蛇绿岩类型①。

2.除少数地段外，一般缺少巨厚代表岩浆房发育的堆晶基性、超基性岩及具清晰冷凝边的岩墙群或岩席。

3.全带所见蛇绿岩，恢复厚度一般不超过 3000—4000m；大部分属于我们分类中的第Ⅱ和第Ⅲ类型蛇绿岩，少部分可能属第Ⅳ类型蛇绿岩；即大部分代表中等扩张速率洋盆的产物；少部分代表地壳减薄作用弱、慢速扩张的“初始洋盆”或“裂陷槽”的“准蛇绿岩类”。全区蛇绿岩不具有代表快速扩张、规模巨大洋盆的特征，它们很可能形成于边缘洋盆、陆间洋盆和弧后洋盆等环境；总体看，很像是洋盆、海湾与大小不等的古陆相间构造格局，一些地带很可能出现沟—弧—盆，类似西太平洋周边构造格局。

4.与蛇绿岩伴随的高压变质带，无论东段或西段均有报道，但较典型、出露较广的当推西段西准噶尔唐巴勒蛇绿岩带及南天山哈尔克山北坡蛇绿岩带(?)，东段在内蒙古温都尔庙蛇绿岩地带及其东苏尼特左旗二道井，以及其西潮格旗之北庙于庙均有蓝片岩报导(胡晓，1983)；矿物组合以帘石类、多硅白云母、石榴石、钠长石、石英、绿泥石及蓝闪石类为主；在内蒙古的蓝片岩中尚发现较多的迪尔石、黑硬绿泥石，间或有硬柱石。以上蓝片岩带，据现有同位素年龄测定结果及地层资料，均发生于早古生代，从其矿物组合特征，与迄今中、新生代蛇绿岩带伴生的硬玉—蓝闪石类型，有明显的区别。

二、天山—东西准噶尔—内蒙古构造演化

早、中生代中朝地台、塔里木地块及西伯利亚地台等古老陆核的空间位置，彼此间关系，其间洋盆规模多大？目前有限的古地磁和生物区系资料，很难确切说明，除本集中有关著述作一些讨论外，下面拟综合性地分东、西两部分——中朝地台北侧及塔里木地块北侧构造演化作一概述。

(一) 中朝地台北侧构造演化

1.晚元古代—早古生代构造演化

近年较多资料表明，中朝地台北缘，早于中、晚元古代（渣尔泰群与白云鄂博群时期），出现了较典型的裂谷型碱性岩和有关沉积建造；北面西伯利亚地台南缘，贝加尔湖北维季姆“古隆带”乃至更西萨彦岭东北—哈萨克斯坦西北科克塔切夫地块一带，大体同一时期或稍早也出现了“元古裂陷”，维季姆带的古裂陷内出现了最早的“蛇绿岩组合”，包括蛇纹岩、橄辉岩、辉长岩、辉绿岩、角闪岩以及硅质岩等（唐克东，1989）；在贝加尔之北相当于 1700 (±) Ma 的 Akitan 火山岩带（唐克东等，1989）也是有裂谷型双峰式喷溢岩特征，主要为厚层玄武岩、粗面岩及流纹岩组成。还有较多资料说明，中朝地台与西伯利亚地台古基底和盖层时代、性质十分相似（王荃、刘雪亚、李锦轶，1990）。可以推断，裂谷前这两大克拉通是一整体，而后在中、晚元古代才解体。但这一“元古裂陷

①肖序常，中国西部造山带蛇绿岩及其构造演化，编审中。

(谷)”，在元古代末期—震旦纪，曾发生闭合，出现短期稳定，反映在南部中朝地台北缘震旦纪和北部文德期，均以地台型、浅海、陆棚相沉积为特征。继后，自早古生代或稍早开始这一“休眠”的古克拉通，发生延续较长的地壳引张分裂—收敛闭合，形成了地球上罕见的“古中亚洋盆”，其东、西延伸达 3500—4000km。中朝地台北缘，确切的早古生代蛇绿岩西起温都尔庙，向东到西拉木伦河一带；再东，在内蒙古地轴东段北缘、开源—清河及其以西近年已有早古生代蛇绿岩的报导，但其时代依据、岩石组合等尚需进一步查明；西伯利亚地台南侧，从东向西包括维季姆、雅布洛诺夫山—肯特山、杭爱山（蒙古湖区）及萨彦区广阔的晚元古代—早古生代蛇绿岩带，它们代表这一时期洋盆消减的残体。这一古中亚洋盆的南、北分别沿中朝地台北侧和西伯利亚地台南侧，形成大体对称的活动大陆边缘。在中朝地台北侧出现温都尔庙蛇绿岩为代表的“海沟”，以白乃庙群为代表的“火山岛弧”以及其南以徐尼乌苏组为代表的“弧后盆地”（胡晓等，1983），这一古海沟的向南俯冲，还可从这一带零星出露高压变质岩的分布特征得到证实（胡晓等，1983）。这是南、北地台（古克拉通）边缘的第一次反向增生，也是古中亚洋的开始收敛。

2. 中、晚古生代的构造演化

贺根山—蒙古戈壁阿尔泰山佐伦山一带—东、西准噶尔蛇绿岩带，代表中古生代中亚洋盆消减的残体。这一洋盆的聚合时限，据我们近年在西段东准噶尔的研究，应在早石炭世或纳穆尔期前（详后）；东段贺根山至二连一线以北，发育着泥盆、石炭纪至二叠纪的安山岩、英安岩及流纹—英安岩等岛弧型火山岩（王荃等，1990），可推断贺根山—蒙古戈壁阿尔泰山一带所代表的古海沟，主要是向北俯冲消减，向北面的西伯利亚增生。

随着中古生代（早、中泥盆世为主）西伯利亚地台的向南增生，南、北两大台已相互靠近，拼接；在锡林浩特—二连井一线，晚泥盆世—早石炭世，主要是海陆交互，并出现磨拉石沉积；这一带还出现了大量中性岩浆活动包括花岗岩闪长岩、石英闪长岩和黑云母花岗岩以及斜长花岗岩等，它们被上述晚泥盆世法朗期磨拉石沉积不整合覆盖。花岗岩闪长岩锆石 U—Pb 法年龄分别为 409.2—447Ma；斜长花岗岩 U—Pb 法年龄分别为 416Ma、421Ma 及 452Ma，平均 429Ma；黑云母花岗岩中磷灰石年龄测定为 375Ma（以上由美国圣巴巴拉大学 C. Hopson，温建平及 G. Tilton 提供，1987—1989），前二者可能代表洋盆阶段产物，后者代表碰撞期或碰撞期后产物。以上花岗岩类性质及年龄测定数值，间接地提供了洋盆发生时期也应早于早石炭世（与西段东、西准噶尔一致），最可能是早泥盆世或更早；洋盆的聚合期，东、西段可能不尽一致，但在东段是晚泥盆世—早石炭世，也是古中亚洋的主要聚合期。

中石炭世—早二叠世，又出现一次地壳拉张运动，但东、西段发展不平衡，西段北天山扩张作用发生较早，较强烈，在巴音沟一带，早石炭世或稍早已出现典型蛇绿岩（详后），而东段索伦山及其东北，晚古生代堆积了巨厚火山—沉积岩，火山岩主要是偏碱性玄武岩—流纹岩，并伴随碱性花岗岩、正长岩及霞石正长岩等，一些地质学家认为这代表古中亚洋东段聚合后再次拉张的裂谷带（唐克东等，1989）。

纵观上述，两古地台之间的古中亚洋的增生、转化为陆壳的演化，是以西伯利亚地台由北向南为主的不对称增生。目前晚古生代前尚缺乏确切的古地磁及有关的地质资料，对这一古中亚洋的规模、扩张、俯冲速率、向陆增生方式、过程等，还需作更多研究，还难于更详细论述。从现代不同时期蛇绿岩分布特征，古生代中亚洋盆似以由南向北的推挤为

主,因而形成了围绕西伯利亚地台南缘,从老到新——晚元古代—早寒武世至早古生代以及中古生代的洋盆消减的蛇绿岩残留体。

就中朝地台北侧而言,古中亚洋南缘构造格局,不像是广阔无际的浩瀚大洋,而却类似现代西太平洋边缘海盆、沟—弧—盆体系(详后)。这一地带蛇绿岩虽有代表扩张速率快、发生于具有一定规模洋盆的斜辉橄榄岩,但总的说,蛇绿岩组合厚度小、岩浆房不发育,同时也常伴随代表慢扩张速率条件下生成的二辉橄榄岩类。还值得提到的是,据C.A.Hopson, G.Tilton及温建平提供的数据①,中朝地台北侧碰撞期后二叠纪—侏罗纪花岗岩类斜长石铅同位素—— $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 及 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 相关图(图3)中,均位于陆壳成因曲线内,而温都尔庙蛇绿岩中斜长花岗岩斜长石铅同位素 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值分别为15.66/18.45和38.30/18.45,在上图中也位于陆壳生成区域。从这些数据可推测,中朝地台北侧,古生代似乎没有一个广阔的洋壳基底,而温都尔庙蛇绿岩类似“被动陆缘型”(R.G.Coleman, 1984)不存在浩瀚大洋。

(二) 北疆(塔里木北侧)构造演化

新疆北部显生宙以来大地构造演化是在震旦纪形成的“新疆古克拉通”或“新疆泛地台”经过不同时期分裂、聚合、俯冲、碰撞及褶皱成山,从而导致该区大地构造格局以微陆块和不同时期的褶皱带镶嵌为主要特点。这一古克拉通不同时期的分裂,主要是“陆壳的有限拉张”,形成小洋盆间夹微陆块的构造格局,不存在广阔深邃的浩瀚大洋。我们将新疆北部显生宙以来的地壳演化阶段概括为古克拉通稳定区的分裂—拉张前期初始海盆阶段—拉张期洋盆阶段—聚合期残余海盆阶段—碰撞期造山阶段—大陆山链发展阶段。以上各阶段都具有一定的岩浆活动、沉积建造及构造变形特征,这是有规律性的一方面;但需注意的另一面是,地壳的演化在时空上常常是不均衡的,即令是小范围内,在同一时期,上述各阶段常交替出现。目前我们对拉张期洋盆阶段、碰撞期及其后演化阶段的地质特征,相对说研究较多,其它阶段有待进一步充实完善。

众所周知,拉张期洋盆是以存在完整组合②代表洋壳—上地幔岩的蛇绿岩为主要标志。不同类型蛇绿岩与岩石圈减薄作用和拉张速率有着密切关系,后者同时也控制着各种构造环境的形成和发展。反之,从不同类型——不同岩石组合及岩石化学特征等——的蛇绿岩,可推断地壳及岩石圈拉张速率,构造演化和生成环境。限于篇幅,本文不深入阐述这一问题。从新疆北部残存的各时代蛇绿岩特征而论,总的说,显生宙时期,显示了大陆板内有限拉张洋盆为主的构造格局,大部分地区以弧—盆交替相间及其张裂—拼合构造演化为特征,因而导致本区岩浆活动,特别是花岗岩类频繁,构造区划及构造变形复杂,变质作用差异显著,而且发育多期典型的高压变质作用。

①C.A.Hopson等, 1987, “中亚构造演化——内蒙古巨缝合带地质构造”, 内部报告

②完整组合指的是恢复原始蛇绿岩剖面, 分为: 上部盖层为洋壳及下部为上地幔两大部分, 但在大陆造山带所见蛇绿岩, 绝大部分因构造运动已解体, 多为“蛇绿混杂带”。——作者注

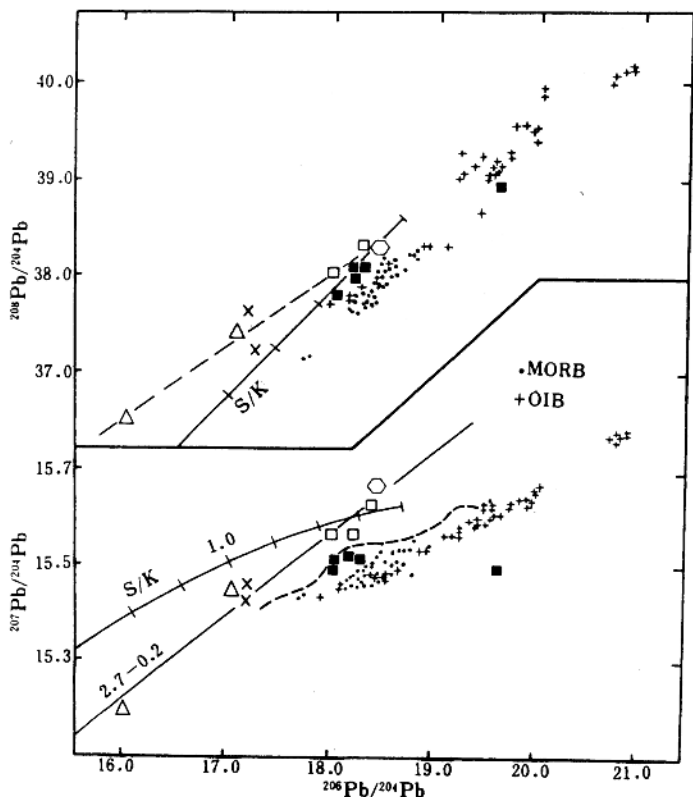


图3 内蒙古花岗岩类钾长石铅同位素图解

Fig.3 Lead isotope correlation diagram for K-feldspars from granitoid rocks, Inner Mongolia

空心方块—内蒙古缝合带内二叠纪—侏罗纪花岗岩类钾长石铅同位素；空心三角—内蒙古缝合带南邻区二叠纪—侏罗纪花岗岩类钾长石铅同位素；十字—内蒙基底花岗岩钾长石铅同位素；空六方体—温都尔庙蛇绿岩内斜长花岗岩钾长石铅同位素；实体—准噶尔蛇绿岩内斜长花岗岩钾长石铅同位素；短虚线—洋壳域和陆壳域界线；MORB—洋盆洋中脊玄武岩；OIB—洋岛玄武岩。（据 C.A.Hopson 等）

1.晚前寒武纪构造演化

新疆北部前寒武纪褶皱基底固结时期不尽相同。大体以南天山北缘断裂带(大致西起汗腾格里峰向东经那拉提山南缘转向东南阿尔泰山北缘延伸)为界,其北的中天山—北天山—准噶尔—阿尔泰等地固结期较早,于早元古代末中条运动褶皱固结;其南的南天山及塔里木北缘褶皱基底固结于晚元古代末,但在库鲁克塔格一带可能包括有早元古代末褶皱固结的双重古老基底。北疆北部东、西准噶尔及阿尔泰地区前寒武系出露很少,近年有微古生物化石依据的主要是上元古界,仅在阿尔泰有所报导(高振家等,1989);因而北疆北部古老基底只能从邻区间接推断:阿尔泰之东蒙古库苏古尔—杭爱山西,相当于中元古代下里菲系不整合于片麻岩、各种片岩、石英岩及大理岩之上,据报导后者相当于晚太古代—早元古代(B.Luvsandanzan等,1990),因而这里基底固结时期,大体是早元古代末,从而推测其西邻阿尔泰地区,固结时期与之大致同时。

以上南、北古老基底固结时期尽管有先后之分,但至震旦纪—寒武纪时,新疆北部形成了统一的所谓“新疆古克拉通(泛地台)”。这一古克拉通的演化,已有较多论述,本文不再详叙。下面结合近年我们的工作,仅就当前各家关注的塔里木北缘—南天山基底褶皱时代和特征,提供资料,作一探讨。

塔里木北缘—南天山基底主要组成是阿克苏群,在该群发育较好的柯坪—阿克苏一带岩性主要为绿片岩、夹角闪片岩、含铁石英岩以及硅质岩等。该群向东北可能延伸到南天山汗腾格里峰以南、黑英山乃至霍拉山一带,在阿克苏西南出现了典型的蓝片岩,在阿克苏西南一带的观察,结合室内薄片研究^①,从东南至西北可分出两套岩层:南部(I段)原岩以泥砂质岩及层凝灰岩为主的变质片岩相,北部(II段)原岩主要为基性熔岩及凝灰岩的绿片岩相与蓝片岩相相间的片岩相。(详见本书第125—132页)值得注意的是,其中尚未发现中、新生代高压变质相中常出现的硬玉、硬柱石以及绿帘石等组合,其特点是黑硬绿帘石在南、北段的普遍存在,共生矿物有帘石类、多硅白云母及石榴石等。这些矿物组合,与世界上其它较老时期蓝片岩相组合甚为相似。阿克苏群的时代,部分地质学家认为属早元古代,蓝片岩全岩 Rb—Sr 同位素年龄测定为 1720—1907Ma (熊纪斌和王务严,1986),另一些地质学家认为属前震旦纪。根据我们最近成果,蓝片岩中多硅白云母 K—Ar 同位素年龄为 720Ma (斯坦福大学地学院王小民、M.Shige 通信)。本区及邻区的下元古界,主要由各种混合岩化片麻岩组成,与阿克苏群的绿片岩—蓝片岩相迥然不同,邻区由片麻岩等组成的木札尔特群则不整合伏于阿克苏群之下(王作勋等,1990);同时,上面的 Rb—Sr 年龄(熊纪斌等;1986)数据误差达 200Ma,可见把阿克苏群置于早元古代依据不足。鉴于阿克苏群不整合伏于震旦纪地层(相当于澄江砂岩)之下(详见本书第125—132页),故该群划属中—晚元古代(变质时期)较宜,更可能是晚元古代。上述阿克苏群II段,现在已高度变形变质,原岩为基性熔岩(可能有枕状熔岩)、硅质岩以及复理石沉积等,代表一套较厚的洋壳层。虽然尚未发现伴生的变质上地幔岩,但它是一套较典型的“优地槽建造”,可能代表早期——前寒武纪陆壳拉张,出现洋盆的特征。根据我们对I、II段变形构造和微构造的初步研究,阿克苏群至少经历了四次构造变形,而高压变质带很可能是与第一、二次构造变形的片理化(D₁)和云母膝折及石英杆状线理

^①1988年中美合作考察队约200多块薄片鉴定

(D_{II}) 同期形成的 (详见本书第 125—132 页)。

以上资料, 进一步为确定南天山—塔里木北缘构造演化和基底褶皱时期等, 提供了依据。当中天山及其以北地区早元古代末已固结形成陆壳阶段。南天山及塔里木北缘大部分地区尚处于洋盆阶段。阿克苏群高压变质带的存在及其 720Ma 的变质年龄, 说明这一洋盆的闭合时期, 当在元古代晚期。其闭合方式很可能是该洋盆向北侧的中天山板块聚合俯冲。令人注意的是, 这一构造事件正好相当于我国南方一次普遍而重要的运动——澄江运动 (晚扬子旋回)。这次运动使得南天山、塔里木北缘与中天山及其邻近的哈萨克斯坦板块的东延准噶尔等地带聚合, 形成统一的“新疆古克拉通”。

2. 震旦纪—寒武纪构造演化

在新疆邻区哈萨克斯坦, 西起科克切塔夫地块, 东至巴尔喀什湖和伊塞克湖一带, 震旦纪至中寒武世期间, 早期在西部发生裂谷, 初始洋盆拉张; 东部的巴尔喀什湖捷克图尔马斯一带到晚期才出现以完整蛇绿岩为代表的拉张期洋盆。向东到蒙古戈壁阿尔泰一带, 据现有资料 (B. Luvsandanzan 及拉哈索伦, 1990; 苏蒙联合考察队报告, 1980) 的分析, 震旦纪—寒武纪早期, 由于所处构造环境不一样, 分别出现大陆稳定区—陆缘过渡带—洋盆 (蛇绿岩) 三类不同的沉积和有关的岩浆活动。但在我国境内, 北起阿尔泰, 南止于塔里木北缘, 震旦纪至寒武纪早期大部分地区处于稳定状态, 因而大部分建造也是稳定型盖层沉积为主, 自下而上主要有冰碛岩、含磷、钒和铀的碎屑岩、白云岩、硅质岩等, 除冰碛岩外, 与蒙古戈壁阿尔泰区的文德—早寒武世沉积相似。值得提到的是, 在库鲁克塔格区上部层位也出现了蒙古戈壁阿尔泰区文德—早寒武世上部标志层的 *Archaeocyathida* 古杯灰岩^① (见新疆区调队早古生代地层专辑 p.13)。阿尔泰西北的震旦纪—早寒武世地层, 以一套灰绿色砂、泥质沉积的浅变质岩系为主 (过去曾名为哈巴河群), 近年工作有新进展, 发现丰富微古植物化石, 具有从晚前寒武纪向寒武纪过渡特征 (彭昌文等, 1989)。塔里木东北缘库鲁克塔格、西部柯坪地区以及西北天山博罗科努等处, 震旦纪至早古生代早期出现基性—酸性火山喷溢活动, 可能与哈萨克斯坦的地壳拉张作用有关, 但从量上、强度上和延续时间上远不及后者。因而, 我们认为“新疆古克拉通”的解体、地壳的分异演化, 主要是在早寒武世以后, 这里似不存在“古中亚洲” (王作勋等, 1989)。

3. 早古生代构造演化 (图 4)

早古生代期间, “新疆古克拉通”解体, 出现拉张洋盆。据现有资料大体可分出两个阶段: 早期为晚寒武世至奥陶纪为主的拉张洋盆; 晚期为志留纪为主 (包括早泥盆世) 的拉张洋盆。前者具有确切时代依据的洋壳和上地幔岩——完整的蛇绿岩, 当首推西准噶尔唐巴勒地区, 其次可能是洪古勒楞地区; 玛依拉山地区很可能是继唐巴勒之后第二期志留纪拉张作用形成的小洋盆。东准噶尔莫钦乌拉一带出露的荒草坡群, 根据少量化石归属奥陶纪—志留纪^②, 其下部主要为绿片岩夹千枚岩和粉砂岩; 中上部主要为凝灰质粉砂岩、硅质板岩、片理化中酸性火山岩 (安山玢岩、石英斑岩及霏细岩等) 夹透镜状大理岩, 总厚达 3000m 以上。沿走向向西北至卡拉麦里和野马泉一带, 岩性和时代大体相当的地层被

^①新疆地矿局区域地质调查队, 1979, 地层专辑早古生代分册, 内部报告

^②新疆区调队, 1967年 1:20 万巴里坤幅, 地质图及说明书

称为库布苏群和索尔巴斯他乌群。根据我们近年研究,在库布苏群发现许多中志留世的几丁虫和疑源类(李锦铁等,1989)。我们认为,东准噶尔上述奥陶纪—志留纪地层代表早古生代火山—沉积初始海盆(图4)。地壳拉张速率,在时空上往往发展不一致,莫钦乌拉之东南至甘肃新疆交界处北山境内白云山—月牙山一带,出露了大体与荒草坡群同期的较典型的蛇绿岩(左国朝和何国琦等,1987),显示早古生代拉张程度不同,向东能否延伸,到内蒙境内的中朝地台北缘?向西作为白云山—月牙山蛇绿岩的南分枝,能否延伸到新疆北山红柳河—卡瓦布拉克一带?尚待研究。能否设想:“塔里木—中朝地台”北缘,隐藏着一条早古生代强烈程度不等的拉张带?其后向南合并,成为以上两古克拉通的北缘增生体。

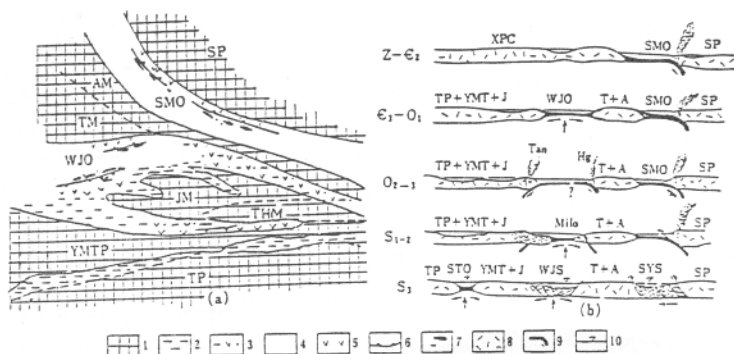


图4 新疆北部早古生代构造格局(a)和构造演化(b)示意图

Fig.4 Schematic diagram showing the tectonic framework (a) and tectonic evolution (b) during the Early Paleozoic in northern Xinjiang

1—稳定陆块; 2—陆表海; 3—火山复理石盆地; 4—洋盆; 5—岛弧型火山岩; 6—古俯冲带; 7—蛇绿岩; 8—陆壳; 9—洋壳; 10—古海平面。SP—西伯利亚古板块; SMO—萨彦蒙古洋盆; AM(A)—阿尔泰地块; TM(T)—塔城地块; WJO—西准噶尔洋盆; JM—准噶尔地块; THM—吐鲁番—哈密地块; YMT(YMT)—伊犁—中天山板块; TP—塔里木古板块; XPC—新疆古克拉通(泛地台); Tan—唐巴勒; Hg—洪古勒楞; Milo—玛依拉洋盆; STO—南天山洋盆; WJS—准噶尔陆表海(残余海盆); SYS—萨彦陆表海; J—西南准噶尔

具有发育良好基性超基性堆晶岩的和布克赛尔洪古勒楞蛇绿岩,过去认为是泥盆纪洋盆拉张期产物;但据近年工作(白文吉等,1988),测得切穿该蛇绿岩的角闪安山玢岩的K—Ar同位素年龄为400—420Ma,因而洪古勒楞蛇绿岩不晚于志留纪,故暂划属奥陶纪。由于同位素年龄测定数据不多,缺乏地质上直接依据,该蛇绿岩时代,尚需要更进一步工作。向东延至加波萨尔一带,出露了奥陶纪火山岩及其凝灰岩和浅海相生物灰岩,后者可能代表拉张洋盆期前初始洋盆内“火山—复理石建造”,这也就是在同一时期,地壳拉张

作用不均衡的表现。

关于唐巴勒蛇绿岩所代表洋盆的构造演化,近年已有不少论述(冯益民等,1985,1986)。由于上部洋壳层中产有奥陶纪放射虫及早、中奥陶世 *Machurite* sp.等(冯益民等,1985),所以洋盆拉张期已有一定古生物依据。这里着重提及的是,近年我们对该蛇绿岩内与辉长岩伴生的浅色辉长岩(*Leucogabbro*)或斜长花岗岩,作了锆石及斜长石铅($^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)同位素年龄测定,得到较理想数值为 $508 \pm 20\text{Ma}$ (Tilton G.R.1986, 及本集),又用 $^{204}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 对上述斜长花岗岩测定年龄为 $480-520\text{Ma}$ (据美国 Tilton et al, 1986, 及本集)。由此可见,同位素与古生物提供的时间数据基本一致。但如按锆石及斜长石 Pb/Pb 同位素值,上部洋壳层(O_{1-2})与原始岩浆房顶部的浅色辉长岩(C_3-O_1)有较小时时间间距,这似乎可说明整套蛇绿岩的形成演化中,洋壳基性熔岩是晚期分异产物。这里的蛇绿岩仍以混杂体出现,但组合较完整。其下伏层位为拉巴组,暂定为下奥陶统,主要组成是上部为浅变质粉砂岩、千枚岩、硅质岩夹少量浊积岩、安山玢岩、中酸性火山岩及其凝灰岩,下部变质较深,出现绿片岩相。我们认为拉巴组代表了洋盆较大规模拉张之前的浅海初始洋盆建造;而在蛇绿岩之上的早志留世复理石、类复理石沉积,代表聚合期残留海盆沉积。还引起人们十分关注的是,唐巴勒蛇绿岩的东侧苏月克沟及南侧,均出现了典型的蓝片岩;同时在上述下志留统碎屑岩内,经人工重砂分析,含有蓝闪石等矿物(冯益民等,1985),有力地说明这一洋盆的闭合、俯冲(包括慢内俯冲),当在早志留世前的中、晚奥陶世为宜。

从区域地质构造、岩石矿物学以及地球化学角度,探讨唐巴勒蛇绿岩的构造演化和产出环境等,已有不少著述。为进一步阐述这一问题,我们进行了基性熔岩、辉长岩、辉石岩和辉绿岩中残留单斜辉石分析和洋盆聚合碰撞期后花岗岩同位素分析等。以往岩石化学资料中,特别是基性熔岩的 REE 辨异图解,显示了该区具有洋中脊玄武岩特征(霍有光,1984;冯益民,1986)。但是运用 Nisbet 和 Pease (1977) 及 Leterrier (1982) 的辨异图解,采用基性熔岩中残余单斜辉石电子探针分析数据投点,绝大部分样点集中于洋底玄武岩和火山玄武岩区内(详见本书第 66—88 页)这一结果说明,这些基性熔岩既不是典型的大洋中脊玄武岩(MORB),更非板内大型碱性玄武岩(WPA)和板内拉斑玄武岩(WPT),较好地解释是这些熔岩形成于小洋盆的扩张中心。唐巴勒蛇绿岩的另一特点是,基性和超基性堆晶岩均不发育,断续出露的薄层堆晶辉长岩内,也仅见到微量或缺橄榄石。众所周知,在特提斯型堆晶辉长岩中则普遍含有橄榄石,它代表所谓“低压型岩浆房”,其结晶分异过程中有水的渗透,出现橄榄石+斜长石+单斜辉石+微量斜方辉石和角闪石(R. G. Coleman, 1986)。本区出露不多的堆晶辉长岩,不仅显示了具有斜长石+斜方辉石和单斜辉石+尖晶石的“高压岩浆房”的特点,同时也说明其形成环境有别于洋中脊之下“低压岩浆房”的大洋盆。本区出现少量的辉绿岩岩墙,并伴有英安质、流纹英安质岩墙。综上所述,唐巴勒蛇绿岩的形成环境更像是经过初始岛弧的缓慢拉张而形成的有限洋盆。(详后)。

这里顺便提及,构成本区上部洋壳的基性熔岩、枕状玄武岩与“高压型岩浆房”中辉石岩、辉长岩的亲缘关系。它们的残留单斜辉石在 $\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ 图解中可以看出彼此十分相近(详见本书第 76—79 页),这反映了辉长岩、辉石岩同属“高压型岩浆房”的产物。

西准噶尔南端,北天山西北,博罗科努山南北两侧,也出现寒武纪—奥陶纪较厚的海