

青藏高原区域地质调查 中几个重大科学问题的思考

潘桂棠, 王立全, 朱弟成

(中国地质调查局成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

摘 要:在世纪之交,中国地质调查局部署的青藏高原近百幅1:25万区域地质调查填图,取得了一系列重要新发现、新进展、新成果,神秘的青藏高原地质构造、结构、组成、演化等问题得到了进一步的认识和理解。喜马拉雅奠基于5.5亿年左右的泛非造山事件基底上,历经奥陶纪至泥盆纪台地沉积,并于石炭纪末转化为印度板块北缘的弧后伸展裂陷带;雅鲁藏布江蛇绿混杂岩带曾是特提斯大洋南侧与冈底斯古岛弧带相对应的中生代弧后扩张盆地;冈底斯带经历了晚古生代岛弧造山作用;班公湖-怒江带两侧大量地质特征重大差异表明,班公湖-怒江带是冈瓦纳大陆北界,是印度(滇藏)地层区和华南(羌塘-三江)地层区的分界,是新元古代Rodinia超大陆解体后显生宙特提斯大洋俯冲、消减、碰撞,最后消亡的遗迹。

关 键 词:青藏高原;区域地质调查;重大科学问题

中图分类号: P62 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-2552(2004)01-0012-08

在过去的50年里,中国地矿部门在青藏高原的地质调查、资源勘查和地学研究,已经获得了有关青藏高原地质构造过程的丰富地质事实资料,增强了地质学家对青藏高原结构、组成、形成演化及资源环境效应的理解,并增进了国际间的合作交流和国民经济建设的贡献。近几年的1:25万基础地质调查和多学科综合研究,千余位地调人员情系高原,克服险恶自然环境的困难,获得了不同尺度、不同层次的各类地质体的相互关系、相互作用的丰富信息,涌现了大批定量数据,为提炼出能理解青藏高原地质构造问题,构建横跨地质学各专业学科的新的构造模型奠定了基础。

1 奠基于泛非事件历经2次构造转换的特提斯喜马拉雅造山带

特提斯喜马拉雅带在古地理上位于印度板块

北缘,它奠基于5.5亿年左右的泛非造山事件,历经奥陶纪至泥盆纪稳定宽阔的台地沉积,并于石炭纪转化为伸展裂陷大陆边缘^[1-5]。自早古生代以来一直到古近纪处于稳定浅海环境,形成了厚达万米的浅海相连续地层^[6]。这种长达数亿年的浅海陆缘沉积与远离喜马拉雅的北部原-古特提斯洋的形成演化发展密切相关。

该带首批1:25万区域地质调查和综合研究,显示该带的地质演化并不是长期处于稳定背景那样简单。吉隆县幅、聂拉木县幅分别在特提斯喜马拉雅带中段吉隆沟、色龙东山的基龙组和色龙群发现了二叠纪玄武岩夹层。这些玄武岩为板内拉斑玄武岩,产于板内拉张环境,其中早二叠世基龙组玄武岩具初始裂谷玄武岩特点,中晚二叠世玄武岩具某些MORB的性质^[7-9]。这些发现显示特提斯喜马拉雅从早二叠世萨克马尔期已经开始发生了伸展裂陷事

收稿日期:2003-11-10

地调项目:中国地质调查局“青藏高原南部空白区基础地质调查与研究”项目(编号:1212010310102)、“青藏高原南部空白区基础地质综合研究”项目(编号:200313000025)以及“青藏高原及邻区1:150万地质图编制”项目(编号:200313000056)联合资助。

作者简介:潘桂棠(1941-),男,研究员,博士生导师,从事大地构造及区域地质研究。

件,记录了首次伸展岩浆活动,从而揭开了所谓稳定型大陆边缘伸展拉张的序幕。继上述二叠纪火山活动事件发现之后,1:25万江孜县幅、洛扎县幅、定结县幅先后报道了该带三叠纪、侏罗纪和白垩纪的火山活动事件。据我们厘定,从二叠纪到白垩纪总共有11个层位的火山岩夹层^[9,10]。

综合研究表明,从早二叠世→早三叠世→中三叠世,及从晚三叠世→中侏罗世→晚侏罗世→早白垩世,火山岩岩石类型从亚碱性拉斑玄武岩→碱性玄武岩,火山活动从板内拉张背景转换为陆壳与洋壳过渡区的陆缘裂谷背景,出现2次旋回,表明特提斯喜马拉雅带火山活动至少出现2次脉动式发展。

从二叠纪到白垩纪,特提斯喜马拉雅带的沉积层序、岩石组合既没有显示出典型的裂谷序列,火山岩岩石学研究结果也没有显示裂谷带火山岩的典型特征,因而在这段漫长的地质历史时期内,特提斯喜马拉雅带更可能处于一种裂而无谷的状态,是一种相对活动的火山裂陷型大陆边缘。

古地磁研究为这种相对活动的火山裂陷型大陆边缘提供了支持。聂拉木县幅对喜马拉雅地块作了非常系统的古地磁研究工作,发现二叠纪以来,在喜马拉雅地块一直向北整体移动过程中,于晚三叠世和侏罗纪末期,分别向南发生了2°和4°的回返。这种回返暗示喜马拉雅地块运动方向发生了由北→南→北→南→北的反复转变,从而在岩石圈尺度上支持了特提斯喜马拉雅带的相对活动历史。

洛扎县幅调查发现,晚白垩世宗卓组不整合于中侏罗统、上侏罗统以及下白垩统不同地层单位之上^[11],结合古地磁研究结果显示在早白垩世晚期(大约120 Ma),喜马拉雅地块和印度地块向北发生了快速漂移等事实,表明至少在早白垩世晚期特提斯喜马拉雅带已经发生了构造体制从伸展到挤压的转换,随后于白垩纪末期^[12-14]在印度大陆/亚洲大陆碰撞过程中形成了雄伟壮丽的喜马拉雅造山带。

2 雅鲁藏布江蛇绿混杂带是中生代弧后扩张洋盆消减碰撞的产物

雅鲁藏布江带作为青藏高原南部边缘的一条蛇绿构造混杂岩带,长期以来一直是地质学家追溯研究的重点,认为蛇绿岩形成时代为侏罗纪—白垩纪,主体时代为晚侏罗世—早白垩世^[15-17],并对蛇绿岩形成的盆地性质存在不同的认识,代表性的有:

形成于“扩张的陆间洋盆”^[18]、“扩张的边缘盆地”^[19]、“弧间盆地洋盆”^[20]、“岛弧和弧后盆地环境”^[21-23]。最近在青藏高原地区开展的1:25万区域地质调查,对雅鲁藏布江带的调查研究取得重要进展。萨嘎县幅—桑桑区幅除在雅鲁藏布江结合带硅质岩中获得大量晚侏罗世至早白垩世晚期放射虫化石外,还获得相伴岛弧型玄武岩K-Ar年龄值157.96 Ma±32.03 Ma(中侏罗世),洋岛型玄武岩K-Ar年龄值168.49 Ma±17.41 Ma(中侏罗世)^[24],洋岛型辉长岩K-Ar年龄值190.02 Ma±19.12 Ma(早侏罗世);拉孜县幅在雅鲁藏布江蛇绿岩带南侧汤嘎混杂岩和破姆弄混杂岩的硅泥质岩中首次获得中、晚三叠世 *Archaeocenosphaera* sp., *Oertlispongus inaequispinosus* 放射虫组合和晚三叠世至早侏罗世 *Muelleritortis* sp., *Pseudostysphaera* sp. 放射虫组合^[25];墨脱县幅在雅鲁藏布江超镁铁质岩石中获得辉石的冷却年龄为200 Ma±4 Ma(⁴⁰Ar/³⁹Ar)^[26]。区域上高洪学等研究雅鲁藏布江结合带东段泽当蛇绿混杂岩时^[27],获得玄武岩下部层位Rb-Sr等时线年龄215.57 Ma±19.12 Ma(晚三叠世),玄武岩上部层位Rb-Sr等时线年龄168.24 Ma±11.03 Ma(中侏罗世),以及复理石硅质岩中的中、晚三叠世放射虫 *Copnuchoschoaera* sp., *Beiaccium* sp., *Pseudostylosphaera* sp.;李海平等^[28]也在雅鲁藏布江结合带东段罗布莎蛇绿岩上部枕状玄武岩中获得Rb-Sr等时线年龄173.27 Ma±10.90 Ma(中侏罗世),在西邻泽当蛇绿岩的枕状玄武岩中获得Rb-Sr等时线年龄168.24 Ma±11.03 Ma(中侏罗世)等。雅鲁藏布江带的蛇绿岩形成时代应为晚三叠世—早白垩世,即晚三叠世雅鲁藏布江已有洋盆存在。

喜马拉雅带二叠纪为板内—边缘拉张背景的初始裂谷玄武岩,早中三叠世玄武岩及岩墙、岩脉为陆缘裂谷性质,晚三叠世—早中侏罗世为洋—陆过渡壳上的拉张性质玄武岩,晚侏罗世—早白垩世为被动大陆边缘伸展盆地中的亚碱性酸性火山岩^[7,8,10],并考虑到雅鲁藏布江西段南、北带之间夹持的扎达—仲巴微陆块古生代地层序列,特别是二叠系夹基性火山岩与喜马拉雅带相似,以及晚古生代—中生代古冈底斯岛弧的发育,初步认为雅鲁藏布江是在冈瓦纳大陆北缘(即喜马拉雅带)石炭纪—二叠纪弧后裂陷—裂谷盆地的基础上,早中三叠世裂离形成初始洋盆,晚三叠世—早白垩世发育大洋盆地,晚

侏罗世晚期开始俯冲消减。关于雅鲁藏布江的形成过程及时代,常承法在《中法喜马拉雅考察成果》一书中论及^[29]：“使冈瓦纳大陆北缘开始分裂的二叠纪晚期到三叠纪裂开作用的最早的先兆似乎可以旁遮尔暗色岩的喷发为代表,雅鲁藏布江是冈瓦纳台上的一个裂谷——新特提斯就真正形成了”；而且张旗等^[21,22,30,31]、李达周等^[23]认为雅鲁藏布江蛇绿岩是东地中海型蛇绿岩,产于消减带之上的岛弧和弧后盆地环境。这就意味着雅鲁藏布江蛇绿混杂岩带曾是冈瓦纳大陆北缘特提斯大洋南侧与冈底斯古岛弧带相对应的中生代弧后扩张盆地。

3 古冈底斯岛弧造山作用的重要地质事件信息

目前普遍认为冈底斯带岩浆岩带是晚燕山期—喜马拉雅期火山—岩浆弧带,是雅鲁藏布江洋壳向北俯冲消亡、陆—陆碰撞作用的产物^[1,17,32,33]。但古生代—中生代冈底斯带的性质及演化过程一直是未解之谜,1:25万区域地质调查对其取得重要进展。

在冈底斯带中,1:25万区域地质调查确认有奥陶系—志留系沉积盖层存在。多巴区幅在永珠蛇绿岩带以北发现早奥陶世地层(新建拉塞组),并在该地层中发现了该时期典型的北方大陆动物群分子——阿门角石、链角石、五顶角石^[34],以及发育最完整的志留系生物地层剖面,据牙形刺、笔石等可将区内的志留系划分为4个统^[35];申扎县幅在扎扛剖面于柯尔多组(O₂)下部浅变质岩中采得大量四笔石科(Tetragraptidae)和对笔石科(Didymograptidae)分子(新建扎扛组)^[36]。冈底斯带奥陶系的底界与喜马拉雅带不整合在“基底岩系”之上的奥陶系的底界一致^[37],结合喜马拉雅带江孜县幅、亚东县幅“基底岩系”中“基性脉岩和深成变质花岗岩—组U—Pb年龄(451~562 Ma)数据^[38],认为冈底斯—喜马拉雅地区不仅具有5.5亿年左右形成的同一的泛非基底,而且早古生代时期亦具有同一的沉积盖层,构造位置上早古生代盖层沉积属于冈瓦纳大陆北缘的被动大陆边缘盆地台型沉积。

晚古生代冈底斯带在早古生代较稳定的被动大陆边缘盆地台型沉积的基础上,转化为活动大陆边缘盆地沉积。墨脱县幅在冈底斯带识别出晚石炭世(C₂)来姑组变玄武岩、变安山岩、英安岩、变流纹

英安岩等基性→酸性系列火山岩;当雄县幅内勒青拉地区的二叠纪洛巴堆组安山玄武岩;向北在那曲县幅内发现了晚石炭世昂杰组基性火山岩,向西在拉孜县幅内有晚石炭世昂杰组基性火山岩^[25]和措勤县幅内二叠纪拉嘎组安山玄武岩及流纹岩等^[39]。该套基性→酸性系列火山岩早在1:20万区域地质调查过程中就已发现,如八宿—松宗幅在然乌乡雅则填出早石炭世诺错组(C₁)玄武岩、角砾玻基玄武岩、玄武质熔结凝灰岩、玄武安山岩、安山岩等基性→中性系列火山岩;波密幅发现早石炭世诺错组(C₁)变玄武岩和晚石炭世来姑组(C₂)变玄武岩、变流纹英安岩等基性→酸性系列火山岩。冈底斯带晚古生代基性→酸性系列火山岩明显不同于喜马拉雅带基性火山岩及岩墙—岩脉群(如二叠纪基龙组和色龙群等),前者的岩石组合和地球化学性质具有较明显的活动大陆边缘岛弧火山岩的特征,这一点与李光明等^[40]作出当雄县家青地区安山玄武岩—英安质流纹岩组合为岛弧型火山岩的地球化学特征一致;后者岩石组合和地球化学性质具有较明显的大陆边缘(弧后)裂陷—裂谷性质^[10]。

冈底斯带晚古生代的第一次造弧作用在地层中也有相应的表现,在冈底斯带多个图幅内发现上、下二叠统之间有沉积间断,如措勤县幅上二叠统坚扎弄组(P₃)含华夏—冈瓦纳混合植物群化石的海陆交互碎屑岩与下伏中二叠统下拉组灰岩(P₂)之间平行不整合接触^[41];措勤区幅首次确立了上二叠统敌布错组(新建)富含植物化石的陆相—陆缘滨岸相的碎屑岩(P₃)与下伏中二叠统下拉组灰岩(P₂)之间的角度不整合关系及其典型的硅、铁质古风化壳^[42];向东进入措麦区幅中、上二叠统之间为连续沉积;再向东到申扎县幅中二叠统下拉组灰岩与上覆上二叠统木纠组(新建)含层孔虫白云岩整合接触^[43]。这些事实表明古生代冈底斯造弧作用使其沉积环境发生改变,不但出现岛弧钙碱性火山活动,而且形成“隆起、凹陷”相间的“岛链状”古地理构造格局。

中生代冈底斯带在晚古生代活动大陆边缘盆地沉积基础上,进一步发展演化。墨脱县幅,迫龙藏布残留蛇绿混杂岩带以北花岗岩均为具岛弧特征的I型花岗岩,其Rb—Sr年龄值分别为195.3 Ma±7.0 Ma、210 Ma、227 Ma、129 Ma^[26];申扎县幅在冈底斯南坡的南木林县扛波乌日和下波一带首次发现有2个巨

斑花岗闪长岩体呈岩基状产出,单颗粒锆石U-Pb 谐和年龄为 $217.1 \text{ Ma} \pm 3.4 \text{ Ma}$ ^[44]。同时期的火山岩亦有分布,那曲县幅2003年在填图过程中发现有中晚三叠世中酸性火山岩;冈底斯带南缘拉萨附近却桑温泉地区有中晚三叠世中酸性火山岩的碎屑岩等。以上事实显示出中生代冈底斯带仍为一活动大陆边缘的岛弧环境,其火山岩具有岛弧钙碱性火山岩的特征,这与李才等^[44]认为申扎县幅内的印支期花岗岩基属岛弧岩浆岩带是不谋而和。

中生代时期不但出现岛弧岩浆活动,而且在地质层中亦有较强烈的反映,表现为冈底斯地区大部缺失早、中三叠世沉积,分布的中上三叠统或中上侏罗统与下伏地层呈角度不整合关系。在多巴幅内晚三叠世诺利期多布日组(新建)海陆交互相碎屑岩与上二叠统木纠错组(新建)为不整合接触关系^[45];墨脱县幅内首次发现上覆地层是中侏罗世杂色砾岩,与下伏含化石的二叠纪灰岩地层呈不整合接触^[26];冈底斯带南缘拉萨附近却桑温泉地区有中晚三叠世含中酸性火山岩的碎屑岩地层不整合在旁多群(当雄县幅定为晚古生代地层)之上。这些事实同样表明,中生代冈底斯造弧作用使其沉积环境发生剧烈改变,晚三叠世冈底斯大部分地区已上升成陆并遭受剥蚀,并有强烈的岩浆活动,成为藏南晚三叠世沉积物源区的一部分^[44,45]。

联系区域上北侧的班公湖-怒江带和南侧的雅鲁藏布江带发展历史来看,中晚二叠世之间的沉积间断、晚三叠世在冈底斯带广泛发育的不整合构造事件可能具有以下几方面的关联性:一是它本身意味着冈底斯带是一次重要的造弧事件,发育相应的岛弧岩浆作用和钙碱性火山活动;二是古冈底斯造弧事件的原动力应为北侧班公湖-怒江洋盆向南俯冲消减作用的产物,从而形成了古生代-中生代的古冈底斯岛弧;三是中晚二叠世之间的沉积间断——构造事件导致了古冈底斯岛弧带南侧的喜马拉雅带在二叠纪时期的伸展扩张,发育裂陷盆地中的基性火山岩;(中)晚三叠世构造不整合构造事件导致了喜马拉雅带在二叠纪伸展扩张的基础上,早中三叠世进一步发展形成雅鲁藏布江初始洋盆,于晚三叠世强烈扩张形成雅鲁藏布江弧后洋盆;晚三叠世古冈底斯岛弧带的强烈挤压与雅鲁藏布江弧后洋盆的强烈扩张具有一致性。

4 古生代特提斯大洋演化的地质记录

古生代特提斯大洋存在与否,是自徐士1893年提出“特提斯”概念100多年来国内外地质学家孜孜探求的热门课题。作者早期根据20世纪80年代前后中外地质学家的研究成果,曾对源于阿尔卑斯的特提斯概念、特提斯含义的演变、特提斯的时空结构、特提斯大洋与三大古陆块群的演化关系、东特提斯蛇绿岩地质、弧-盆系地质以及洋陆转换演化模式等,作过较详细的论述。地质理论、概念、原理都是一定历史阶段对某一事物认知的产物,地质调查研究中新的地质事实对特提斯原始概念、含义的修正和完善正是科学研究中的常规。1:25万地质填图新发现的古生物、地层、蛇绿岩带、弧火山活动、沉积盆地等多角度多学科确凿的地质事实揭示的信息证实了特提斯大洋的存在。限于篇幅,这里仅从班公湖-怒江缝合带南北两侧地质特征的重大差异,来看青藏高原地质历史上古生代-中生代特提斯大洋存在的地质记录。

(1)青藏高原地区不存在统一的前寒武纪变质基底南昆仑蛇绿混杂岩带以北,经地质调查,秦祁昆构造区内各大构造带均见前寒武纪变质基底残块,其中全吉陆块、柴达木陆块的前寒武组成、结构及地质演化历史与塔里木古陆块有很好的相似性^[46,47],均为相当于扬子陆块的晋宁期变质基底(10亿年)。南昆仑和班公湖-怒江蛇绿岩带之间的羌塘-三江地区,其中的微陆块也是裂离自扬子地台西缘的变质软基底,以小块残余、强变形变质基底的零星出露为特征。

班公湖-怒江缝合带以南,在中元古代、新元古代是印度地台的边缘沉积带,江孜县幅、亚东县幅在聂拉木基底变质岩系基性麻粒岩和深成变质花岗岩中获得锆石U-Pb年龄为 $451 \sim 562 \text{ Ma}$ ^[38];墨脱县幅^[26]在南迦巴瓦岩群中获角闪石Ar/Ar坪年龄 575 Ma ,等时线年龄 $582 \text{ Ma} \pm 11.24 \text{ Ma}$,是泛非期变质作用的记录。在聂拉木岩群之上发现盖层之底砾岩^[48]也充分反映出,在经历了 $500 \sim 600 \text{ Ma}$ 重要构造热事件之后,形成角闪岩相和绿片岩相变质岩,构成了“泛非期变质基底”,分布于高喜马拉雅带。冈底斯-拉萨地块中可见零星出露的念青唐古拉群,常呈构造残体出露于白垩纪或新生代深成侵入体中。

简言之,班公湖-怒江缝合带以南为 $5.5 \sim 6$ 亿年

左右的泛非基底,以北相当于扬子大陆裂离的微陆块,为10亿年左右的晋宁基底。两侧基底的大尺度时空差异,从新元古代Rodinia超大陆的解体、大陆块快速漂移变角度,既可理解为不同大陆基底长时间起作用的过程,也可理解为特提斯大洋的大空间尺度的那些地质作用过程。大量地调成果的获取,促使我们进一步思考“显生宙特提斯大洋的形成演化起源于Rodinia超大陆的解体,青藏高原的形成起源于特提斯大洋的洋陆转换、盆山转换等演化过程”。

(2)古生代特提斯大洋南侧、印度板块北侧连续5亿多年的海相沉积记录

在班公湖-怒江缝合带以南地区,迄今尚未见有古生物证据的寒武纪沉积记录(除印度盐岭地区),奥陶系底界面记录了泛非造山事件,随后长达5亿年的浅海陆缘沉积(厚10000 m以上)与古生代—中生代特提斯洋的扩张有联系。从喜马拉雅到冈底斯北缘,出露有奥陶纪—始新世较完整的沉积序列,主要表现为浅水陆缘海的周期性海侵—海退过程。聂拉木县幅揭示北喜马拉雅沉积带和申扎幅、多巴幅揭示的冈底斯带沉积序列中,均已识别出至少有8次构造—海平面升降变化的海进/海退超层序:早石炭世、早二叠世、晚二叠世、晚三叠世(诺利克期, T_3^3)、晚侏罗世、早白垩世、晚白垩世和古新世的基底砂岩单元,标志了每一超层序的初始海进部分,及底界均表现为层序不整合界面。这些构造—海平面变化过程,显示出与其北侧显生宙特提斯大洋演化密切相关。

(3)古生代特提斯大洋北侧多岛弧盆系的发育

早古生代时,昆仑前锋弧的南面则为原特提斯洋,阿拉善—华北陆块之北是古亚洲洋。受原特提斯洋和古亚洲洋的双重制约,形成了南昆仑带以北的秦祁昆多岛弧—盆系。于田县幅、伯力克幅在发现的其曼于特蛇绿岩、层状辉长岩中获锆石U—Pb年龄为 $526 \text{ Ma} \pm 1.0 \text{ Ma}$,玄武岩全岩Rb—Sr年龄 $603 \text{ Ma} \pm 3.1 \text{ Ma}$ ^[49];阿牙克库木湖幅^[50]发现的祁曼塔格鸭子泉蛇绿岩和墨山一支那格勒蛇绿岩,阿南—芒崖、柴北缘、昆中、祁连、北秦岭蛇绿岩所恢复的寒武—奥陶纪弧后洋底扩张盆地的时空结构以及与一系列火山岩浆弧的相互关系,揭示了昆仑前锋弧北侧祁漫塔格、柴达木、阿尔金、祁连山、拉脊山及北秦岭等地的早古生代地质历史,是多岛弧、弧后海底扩张与弧后盆地萎缩、消亡和弧—弧碰撞、

弧—陆碰撞的历史。泥盆纪时,该区大部分已转化为陆地,成为华北陆块西南缘的一部分。

羌塘—三江在晚古生代至中生代是弧后扩张、多岛弧盆系统发育、弧—弧碰撞、弧—陆碰撞的演化史,前锋弧为形成于晚古生代的唐古拉—他念他翁残余弧。于田、伯力克幅发现石炭纪—二叠纪的苏巴什蛇绿岩^[49],且末一级电站幅、银石山幅发现华道山—横条山蛇绿混杂岩带^[51],其南的石炭纪—二叠纪崆石山—可支塔格蛇绿混杂岩带^[51],奥依亚克幅发现的阿克苏库勒蛇绿混杂岩带^[52],玛依岗日幅、吐错幅在中央隆起带厘定了角木日、西亦而岗蛇绿混杂岩带,联系到20世纪80年代以来确定的北澜沧江带、金沙江带、甘孜—理塘带等蛇绿混杂岩带以及相关的火山弧带,构成了班公湖—怒江缝合带以北的晚古生代—中生代弧—盆系或多岛弧造山构造域。

因此,在时空结构上,班公湖—怒江缝合带以北的秦祁昆地区是早古生代特提斯大洋北侧的活动边缘,羌塘—三江地区是晚古生代的特提斯大洋北东侧泛华夏大陆南西侧的活动边缘,时代主要是晚石炭世—二叠纪。

大量地质调查研究成果表明,北部羌塘—三江地区主体表现为上三叠统与下伏地层的不整合,如羌塘地区的上三叠统(如肖茶卡群)与下伏石炭系—二叠系的造山不整合,昌都陆块东侧江达火山弧和晚三叠世东独组与下伏地层的造山不整合以及伴随金沙江弧后洋盆向西俯冲的火山岩浆热事件等,秦祁昆地区主体表现为泥盆系与下伏地层的造山角度不整合。

上述时空结构、地质特征使我们有理由推论,在班公湖—怒江缝合带以北的青藏高原北部地区,地质演化是与原—古特提斯大洋演化密切相关的。

5 班公湖—怒江缝合带是冈瓦纳大陆的北界

关于冈瓦纳大陆的北界,历来是青藏高原地质研究中争议的焦点问题。本文在此仅对石炭纪—二叠纪冰川事件和生物群的时空分布,依据地调研究取得的新资料作一简要评述。冰川事件可分为大陆冰川、陆缘冰川和漂浮冰山。冈瓦纳大陆及其北侧特提斯洋,类似南极大陆及其北侧的南太平洋。西藏空白区填图中已有大量成果^[37]对石炭纪—二叠纪的含砾砂板岩综合分析后发现,印度陆内的大陆冰川沉

积,印度河-雅鲁藏布江带以南以陆缘海泥石流沉积为主,班公湖-怒江以南以冰融滑塌杂砾浅海沉积为主,班公湖-怒江以北地区以含冰融落石沉积为主。具体表现为:喜马拉雅带在聂拉木县幅显示为陆缘冰川泥石流沉积,冈底斯带在措勤区幅、措勤县幅、措麦幅、邦多幅等表现为浅海-斜坡含砾砂泥岩和重力滑塌砂砾岩沉积^[53]。班公湖-怒江带北侧南羌塘,如日土幅、玛依岗日幅、吐错幅等地,为含砾泥板岩夹硅质岩,其中的砾石是来自冈瓦纳漂冰的垂落物,而浊积岩型的泥板岩是特提斯洋盆的沉积物。所以,以含砾板岩的出现部位作为划分大陆边界的标志值得重新考虑。

冷水和暖水动物群在班公湖-怒江缝合带南北两侧呈对称分布的特点,我们曾请教过古生物地层学家王乃文先生和梁定益先生。早二叠世特提斯喜马拉雅带早二叠世时以冷水型动物群 *Eurydesma* 为主,含个别温水 *Stepanoviella* 腕足动物群和 *Sphenophyllum minor*, *Pecopteris* cf. *unita* 等华夏植物群分子^[54];冈底斯带措勤县幅在晚二叠世坚扎弄组中既发现 *Glossopteris*, *Phyllotheceaxqr australis* 等冈瓦纳植物群代表性分子,又发现 *Dicranophyllum* 等华夏大羽羊齿植物群的代表性分子,显示两者共存混生的特点^[41]。拉萨林周地区以含 *Chaiella latisinuata* 的 *Bandoproductus* 腕足动物群、*Deltopecten* 等双壳动物和 *Peruwispira* 腹足类等化石组合为主。

在班公湖-怒江缝合带以北以东地区,在日土多玛地区早二叠世早期以 *Eurydesma* 冷水型动物群为主,含 *Neospira-Subansiria* 腕足以及 *Oriocrassatella-Schizodus* 双壳等冷暖混生型动物组合,以及 *Misellina*, *Cancellina*, *Parafusulina*, *Pseudofusulina* 等筵类和 *Szechunophyllum*, *Wentzelella* 等珊瑚类暖水型生物分子为特征^[55];早二叠世晚期 *Fistulipora labratula*, *Streblotrypa* 等冷温水型苔藓虫^[56],在晚二叠世热觉茶卡组产典型的华南型植物化石^[57],金沙江带以北强巴欠日山东侧的 *Solemya* (*Janeia*), *Tibetica*, *Edmondia* sp., *Sedgwickia* sp. 等冷温水型双壳动物^[38]以及木孜塔格幅发现冷水型单通道筵^[58]。

总之,冷水和暖水动物群以班公湖-怒江缝合带的对称分布,即南侧冈底斯带为冷暖混生区,特提斯喜马拉雅带以冷水动物群为主体,含个别暖水型分子;北侧南羌塘带为冷暖混生区,北羌塘-昌都及其以北以暖水型动物群为主体,含个别冷水型分

子。我们认为不能以个别冷水型分子的出现来认定冈瓦纳大陆的北界,正如不能以喜马拉雅暖水型分子的出现来认定泛华夏大陆群南界一样。在此前提下,考虑到本文前4节的地质记录,无论是从生物地层还是大地构造角度,将生物地层分区界线、岩相界线放在班公湖-怒江缝合带较为合理,这一界线也是冈瓦纳大陆的北界。

至于班公湖-怒江缝合带的时空地质特征的一些重大发现,如结合带中寒武纪基底残块、志留纪灰岩块、泥盆纪灰岩块、石炭纪-二叠纪灰岩块的厘定,帕度错-昂达尔错幅面积达几十平方公里的洋岛玄武岩的发现,以及前述受特提斯洋南向俯冲制约的冈底斯带已有石炭纪-三叠纪的岛弧造山作用的记录等等,已证明作者20年前仅据该带含晚三叠世-早侏罗世放射虫^[59],得出班公湖-怒江缝合带是晚三叠世-早侏罗世洋盆的认识是错误的(详细的论述,将另文刊发)。

6 结 语

1999—2003年先后开展的青藏高原空白区1:25万区域地质调查,共涉及1:25万图幅110幅(面积 $145 \times 10^4 \text{km}^2$),全国有24个省、自治区地质调查院、研究所、院校等近千人的地质队伍,奋战在雪域高原,克服常人无法想象的险恶自然环境的困难,将高低贵贱、功名利禄置之度外,以无私无畏的精神圆满地完成了青藏高原首批1:25万41个图幅(近 $60 \times 10^4 \text{km}^2$)的区域地质调查任务,并取得了丰硕成果。作者身为青藏高原区域地质调查的参与者,向战斗在青藏高原地区的勇士们致以崇高的敬意!

参考文献:

- [1]潘桂棠,陈智梁,李兴振,等.东特提斯多弧-盆系统演化模式[J].岩相古地理,1996,16(2):52~65.
- [2]潘桂棠,陈智梁,李兴振.东特提斯构造形成与演化[M].北京:地质出版社,1997.
- [3]Sciunnach D, Garzanti E. Detrital chromian spinels record tectono-magmatic evolution from Carboniferous rifting to Permian spreading in Neotethys (India, Nepal and Tibet)[A]. In: Messiga B, Tribuzio R Eds. From rifting to drifting in present-day and fossil ocean basins [C]. 1997, *Ofoliti*, 22(1):101~110.
- [4]Garzanti E, Le Fort P, Sciunnach D. First report of Lower Permian basalts in South Tibet: tholeiitic magmatism during break-up and incipient opening of Neotethys[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 1999, 17:533~546.

- [5]王根厚,梁定益,刘文灿,等. 藏南海西期以来伸展运动及伸展作用[J]. 现代地质,2000,14(2):133~139.
- [6]刘增乾,徐宪,潘桂棠,等. 青藏高原大地构造与形成演化[M]. 北京:地质出版社,1990.
- [7]朱同兴,潘桂棠,冯心涛,等. 藏南喜马拉雅北坡色龙地区二叠系基性火山岩的发现及其构造意义[J]. 地质通报,2002,21(11):717~722.
- [8]朱弟成,潘桂棠,莫宣学,等. 特提斯喜马拉雅二叠纪玄武质岩石研究新进展[J]. 地学前缘,2003a,出版中.
- [9]潘桂棠,丁俊,王立全,等. 青藏高原区域地质调查重要新进展[J]. 地质通报,2002,21(11):787~793.
- [10]朱弟成,潘桂棠,莫宣学,等. 特提斯喜马拉雅二叠纪—白垩纪中基性火山岩研究进展[J]. 地质科技情报,2003b,22(2):6~12.
- [11]钟华明,夏军,童劲松,等. 洛扎县幅地质调查新成果及主要进展[J]. 地质通报,2004,23(5~6).
- [12]Willems H, Zhou Z, Zhang B. Stratigraphy of the Upper Cretaceous and Lower Tertiary strata in the Tethyan Himalayas of Tibet (Tingri area, China)[J]. Geological Rundschau, 1996,85:723~754.
- [13]王鸿祯,史晓颖,王训练,等. 中国层序地层研究[M]. 广州:广东科技出版社,2000.285~294.
- [14]Wan X Q, Jansa L F, Sarti M. Cretaceous and Paleogene boundary strata in southern Tibet and their implication for the India-Eurasia collision[J]. Lithaia,2002,35(2):131~146.
- [15]Marcoux J, De Wever P, Nicolas A, et al. Preliminary report on depositional sediments on top of the volcanic member: the Xigaze ophiolite (Yarlung-Zangbo suture zone)[J]. Ophioliti, (2/3): 1982, 395~396.
- [16]吴浩若. 西藏南部白垩纪深海沉积层:冲堆组及其地质意义[J]. 地质科学,1984,(1):26~33.
- [17]西藏自治区地质矿产局. 西藏自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1993.
- [18]肖序常,李廷栋,李光岑,等. 喜马拉雅岩石圈构造演化总论[M]. 北京:地质出版社,1988.
- [19]王希斌,鲍佩声,肖序常,等. 雅鲁藏布江蛇绿岩(中法合作地质考察成果)[M]. 北京:地质出版社,1987.
- [20]Gopel C, Allegre C J, Xu Ronghua. Lead isotope study of the Xigaze ophiolites (Tibet):the problem of the relationship between magmatites (gabbros, dolerites, lavas) and tectonites (harzburgites)[J]. Earth Planet. Sci. Lett., 1984, 69:301~310.
- [21]张旗,周云生,李达周. 西藏日喀则—白朗地区蛇绿岩中的席状岩墙群[A]. 见:中国科学院地质研究所主编.岩石学研究(1)[C]. 北京:地质出版社,1982.65~80.
- [22]张旗,周国庆. 中国蛇绿岩[M]. 北京:地质出版社,2001.
- [23]李达周,王凤阁,张旗,等. 西藏白朗地区蛇绿岩火山岩中单斜辉石的化学特征[J]. 地质科学,1984,(2):149~156.
- [24]张振利,田立富,范永贵,等. 萨嘎县幅、桑桑区幅、吉隆县幅地质调查新成果及主要进展[J]. 地质通报,2004,23(5~6).
- [25]朱杰,刘早学,田望学,等. 拉孜县幅地质调查新成果及主要进展[J]. 地质通报,2004,23(5~6).
- [26]郑来林,廖光宇,董翰,等. 墨脱县幅地质调查新成果及主要进展[J]. 地质通报,2004,23(5~6).
- [27]高洪学,宋子季. 西藏泽当蛇绿混杂岩研究新进展[J]. 中国区域地质,1995,(4):316~322.
- [28]李海平,张满社. 西藏罗布莎蛇绿岩的地球化学特征及形成环境探讨[J]. 西藏地质,1996,2:55~61.
- [29]常承法. 雅鲁藏布缝合带地质构造特征及其演化(中法喜马拉雅考察成果)[M]. 北京:地质出版社,1984.
- [30]张旗. 蛇绿岩的分类[J]. 地质科学,1990,(1):54~61.
- [31]张旗. 中国蛇绿岩研究中的几个问题[M]. 地质科学,1992,(增刊):139~146.
- [32]黄汲清,陈炳蔚. 中国及邻区特提斯海的演化[M]. 北京:地质出版社,1987.
- [33]夏代祥. 班公湖—怒江、雅鲁藏布江缝合带中段演化历程的剖析[A]. 见青藏高原地质文集编委会编.青藏高原地质文集(9)[C]. 北京:地质出版社,1986.123~138.
- [34]曲永贵,张树岐,郑春子,等. 西藏申扎雄海一带发现早奥陶世阿门角石(Armenoceras)[J]. 地质通报,2002,21(6):355~356.
- [35]张树岐,曲永贵,郑春子,等. 西藏北部申扎地区志留纪岩石地层及生物地层的研究[J]. 地质通报,2003,22(11~12):964~969.
- [36]李才,程立人,王天武,等. 申扎县幅地质调查新成果及主要进展[J]. 地质通报,2004,23(5~6).
- [37]梁定益. 青藏高原首批1:25万区域地质调查地层工作若干进展点评[J]. 地质通报,2004,23(1):24~26.
- [38]刘文灿,万晓樵,梁定益,等. 定结县幅、陈塘区幅地质调查新成果及主要进展[J]. 地质通报,2004,23(5~6).
- [39]江元生,周幼云,王明光,等. 措勤区幅地质调查新成果及主要进展[J]. 地质通报,2004,23(5~6).
- [40]李光明,高大发,黄志英. 西藏当雄纳龙晚古生代裂谷盆地的识别及其意义[J]. 沉积与特提斯地质,2002,22(1):83~87.
- [41]石和,陶晓风,刘登忠,等. 西藏坚扎弄组的植物化石新资料 and 再认识[J]. 地质通报,2002,21(7):428~430.
- [42]周幼云,江元生,王明光. 西藏措勤—申扎地层分区二叠系故布错组的建立及其特征[J]. 地质通报,2002,21(2):79~82.
- [43]程立人,王天武,李才,等. 藏北申扎地区上叠统木错组的建立及皱纹珊瑚组合[J]. 地质通报,2002,21(3):140~143.
- [44]李才,王天武,李惠民,等. 冈底斯地区发现印支期巨斑花岗岩——古冈底斯造山的存在证据[J]. 地质通报,2003,22(5):364~366.
- [45]曲永贵,王永胜,张树岐,等. 西藏申扎地区晚三叠世多布日组地层剖面的启示——对冈底斯印支运动的地层学制约[J]. 地质通报,2003,22(7):470~473.
- [46]陆松年. 参加“中澳造山作用”国际讨论会总结报告(3)——关于造山带变质地质几个问题的思考[J]. 前寒武研究进展,1999,22(4):60~63.
- [47]陆松年. 青藏高原北部前寒武纪地质初探[M]. 北京:地质出版社,2002.1~118.
- [48]朱同兴,王安华,邹光富,等. 喜马拉雅地区沉积盖层砾岩的发现[J]. 地质通报,2003,22(5):367~368.
- [49]韩芳林,崔建堂,计文化,等. 于田县幅、伯力克幅地质调查新成

- 果及主要进展[J]. 地质通报, 2004, 23(5~6).
- [50]黎敦朋, 李新林, 王向利, 等. 阿牙克库木湖幅地质调查新成果及主要进展[J]. 地质通报, 2004, 23(5~6).
- [51]贾宝华, 孟德保, 柏道远, 等. 且末县一级电站幅、银石山幅地质调查新成果及主要进展[J]. 地质通报, 2004, 23(5~6).
- [52]刘爱民, 戴传固, 牟世勇, 等. 奥依拉克幅、羊湖幅地质调查新成果及主要进展[J]. 地质通报, 2004, 23(5~6).
- [53]袁健芽, 李晓勇, 徐银保, 等. 西藏中南部雄马一措麦以南地区早、中二叠世地层及其意义[J]. 地质通报, 2003, 22(6): 412~418.
- [54]钱定宇. 西藏石炭二叠纪的生物群和气候及其冈瓦纳北界含义[J]. 西藏地质, 1994, (1): 26~42.
- [55]陆麟黄. 西藏昌都地区石炭纪及早二叠世苔藓虫, 川西藏东地区地层与古生物(第四册)[M]. 成都: 四川人民出版社, 1982.
- [56]李才. 龙木错-双湖-澜沧江板块缝合带与石炭二叠纪冈瓦纳北界[J]. 长春地质学院学报, 1987, 17(2): 155~166.
- [57]陈楚震. 西藏晚古生代至三叠纪双壳类化石, 西藏古生物(第四分册)[M]. 北京: 科学出版社, 1982.
- [58]孙巧缙, 马华东. 新疆东昆仑木孜塔格一带首次发现单通道筳(*Monodioxodina*)动物群[J]. 地质通报, 2002, 21(1): 48.
- [59]潘桂棠, 郑海祥, 徐耀荣, 等. 初论班公湖-怒江结合带, 青藏高原地质文集(12)[C]. 北京: 地质出版社, 1983. 229~242.

Thoughts on some important scientific problems in regional geological survey of the Qinghai-Tibet Plateau

PAN Guitang, WANG Liquan, ZHU Dicheng

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China)

Abstract: At the turn of the century, a number of significant new findings, advances and achievements have been made in 1:250000 regional geological mapping of nearly one hundred sheets of the Qinghai-Tibet Plateau carried out by China Geological Survey and further knowledge and understanding have been gained in respect to the tectonics, structure, composition and evolution of the sacred, supernatural and mysterious Qinghai-Tibet Plateau. Himalaya, which formed on the basement of the Pan-African orogenic event at about 550 Ma BP and experienced Ordovician to Devonian platform sedimentation, was transformed into to a back-arc extensional-rifted zone at the end of the Carboniferous. The Yarlung Zangbo ophiolitic mélangé zone is a Mesozoic back-arc spreading basin corresponding to the Gangdise paleo-island arc zone on the south side of the Tethyan Ocean. The Gangdise zone experienced island-arc orogeny in the Late Paleozoic. The very significant differences in geology on both sides of the Bangong Co-Nujiang suture zone suggest that the suture zone is not only the northern boundary of Gondwanaland and the boundary between the Indian (Yunnan-Tibet) stratigraphic realm and the South China (Qiangtang-Sanjia) stratigraphic realm, but also the relics of subductional collision and final extinction of the Phanerozoic Tethyan Ocean after the breakup of the Neoproterozoic supercontinent Rodinia. The basic point of study of the collisional orogenic processes of the plateau is the structure and composition of the archipelagic arc-basin tectonic realm of three different stages bounded by three rigid paleocontinental blocks (Gondwanaland, Laurasia and Pan-Cathaysian) and the mutual constraining, transformation and coupling of various material movement forms.

Key words: Qinghai-Tibet Plateau; regional geological survey; important scientific problem