

文章编号: 1009-3850(2001)03-0001-26

青藏高原区域构造格局及其多岛弧盆系 的空间配置

潘桂棠, 王立全, 李兴振, 王洁民, 徐 强

(成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

摘要: 笔者在长期从事青藏高原地质工作和综合大量实际资料的基础上, 提出了特提斯的演化与三大陆块群相互裂变-聚变作用过程密切相关, 特提斯洋从萌生、扩展、萎缩、消亡到汇聚造山的整个演化过程, 受控于全球洋-陆时空结构的转换; 阐述了全球洋-陆构造体制的转换论、多岛弧盆系统论、造山作用过程论, 并依此“三论”对青藏高原及周边地区的大地构造单元进行了划分, 概要阐述了各个构造单元的基本特征。

关键词: 青藏高原; 多岛弧盆系; 时空结构; 构造单元; 洋-陆构造体制

中图分类号: P544

文献标识码: A

The tectonic framework and spatial allocation of the archipelagic arc-basin systems on the Qinghai-Xizang Plateau

PAN Gui-tang, WANG Li-quan, LI Xing-zhen, WANG Jie-min, XU Qiang

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

Abstract: The geology of the Qinghai-Xizang Plateau as the bulk of the eastern Tethyan tectonic domain is interpreted within the framework of archipelago orogenesis. On the basis of the long-term field investigation and plentiful data available, the Tethyan evolution is considered to be closely bound up with the breakup and assembly

of the three (Laurasia, Gondwana and Pan-Cathaysian) continental strips on the globe. The Tethys Ocean went through a variety of evolutionary processes from initiation and development, through collapse and consumption, to closure and orogenesis, and was always controlled by the evolution of the global oceanic-continental spatio-temporal patterns. The tectonic units are divided for the Qinghai-Xizang Plateau and its adjacent areas according to the ideas about the transition of the global oceanic-continental tectonic regimes, archipelagic arc-basin systems and orogenic processes, and the fundamental features of varying tectonic units are described in detailed.

Key words: Qinghai-Xizang Plateau; archipelagic arc-basin system; spatio-temporal pattern; tectonic unit

作为东特提斯(帕米尔以东)构造域主体的青藏高原,具有复杂而独特的巨厚地壳和岩石圈结构,是一个由北部劳亚大陆、泛华夏陆块西缘和南部冈瓦纳大陆北缘不断弧后扩张、裂离,于中生代末对接镶嵌的复杂地区(图1)。青藏高原在漫长的地质历史中,既记录了深部作用、层圈相互作用和物质、能量交换作用的信息,又表现出与周边大陆岩石圈(冈瓦纳大陆、劳亚大陆、泛华夏陆块群)的相互作用的耦合关系,特别是古生代以来的多岛弧盆系形成,并由20多条规模不等的弧-弧、弧-陆碰撞结合带和其间的岛弧或陆块拼贴而成,呈明显的条块镶嵌。由于后期印度板块向北强烈顶撞,在它的左右犄角处分别形成帕米尔和横断山构造结及相应的弧形弯折,从而在东西两端改变了原来东西向展布的构造面貌。加之华北和扬子刚性陆块的阻抗和陆内俯冲,及对原有构造,特别是深部地幔构造的改造,造成了青藏高原独特的构造地貌景观,形成了统一的深部幔坳,地表的隆升。

1 大地构造格局划分的思路和基本原则

在原有板块构造的理论框架中,全球构造格架和洲际板块边界是清晰的,但在区域地质调查,中小比例尺地质填图、编图中,板块构造单元划分是当前板块构造结构研究的关键问题。它既是板内构造研究的理论问题,也是区域地质研究急待解决的实践问题。自1945年以来,先后有不同学派的学者对本区大地构造单元作了划分,并不同程度论述了地质特征及其地史演化^[1~25]。特别是近几年来随着青藏高原地质调查工作的开展,地质志、矿产志的编写和区调工作的进行^[26~28],对该区地质构造特点的认识不断深化,这些都为大地构造单元划分奠定了良好的基础。不同的学者/学派曾提出了不同的划分方案,但如何用板块构造观点来划分大地构造单元,还有许多值得探讨之处。鉴于青藏高原是东特提斯大洋岩石圈消亡、洋-陆转换,弧-弧、弧-陆碰撞的复杂造山系统,因此,板块构造学说早期的一些理论概念并不能完全用以说明青藏高原的大地构造发展问题。板块构造学说的威尔逊旋回着重论述了大洋的形成和消亡过程;而大洋消亡之后的大陆造山过程及其山脉老化、解体至再次裂开为洋,还有一个远较威尔逊旋回更为复杂,演化历程还不很清楚的发展过程或地史阶段。如洋盆闭合后碰撞造山阶段出现的大规模逆冲推覆的堆叠式造山、走滑造山,碰撞型岩浆活动、滞后型弧火山-岩浆活动,导致山脉垮塌的伸展剥离以及裂谷作用等。对于这些过程显然不能完全用原有板块构造的动力学和运动学规律来说明。巨旋回的地史演化在很大程度上受控于大洋和大陆岩石圈的不同时空结构和特性。即根据大陆和大洋岩石圈的不同

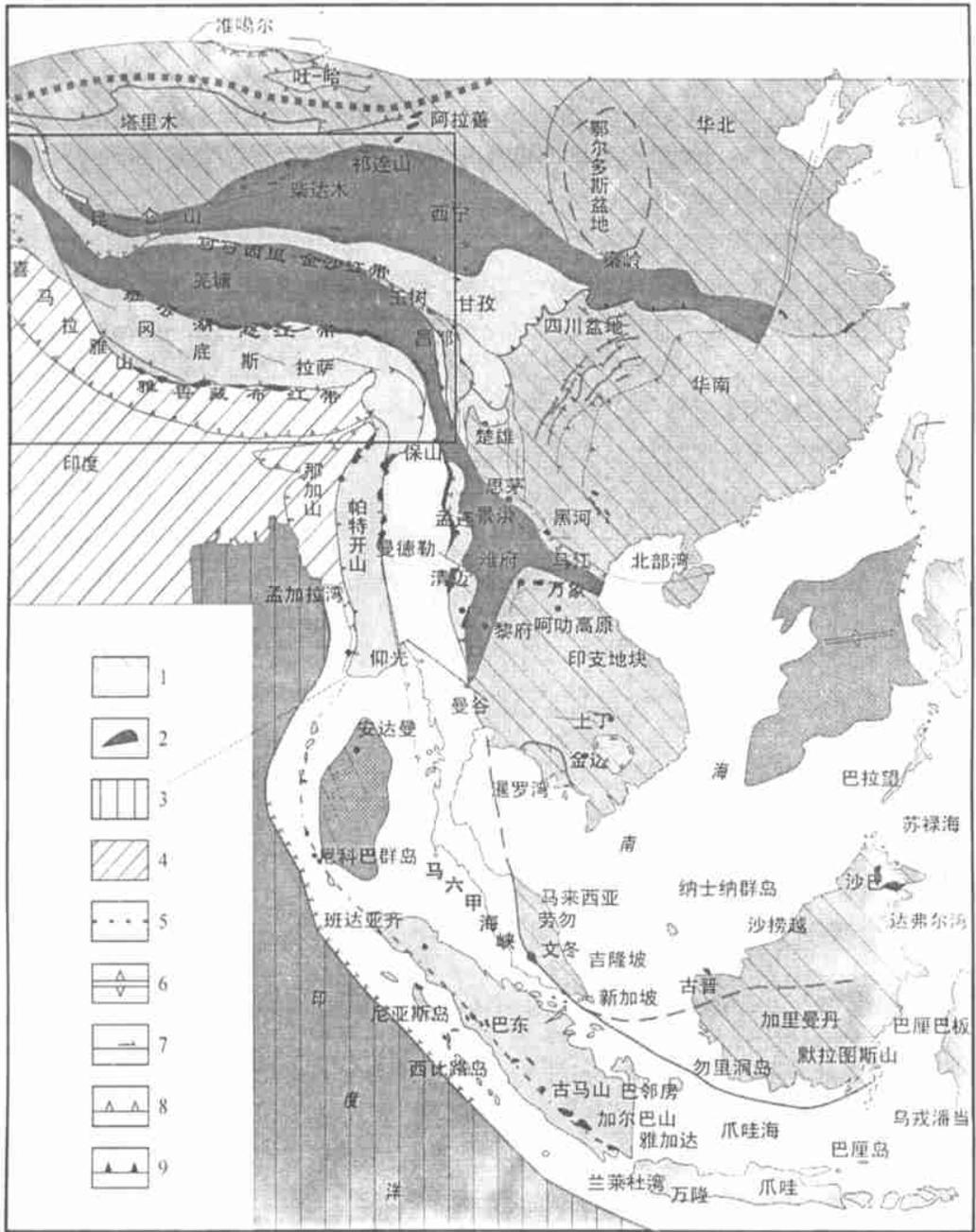


图1 东特提斯构造域区域地质构造略图

1. 泛华夏陆块群; 2. 蛇绿岩和超镁铁岩; 3. 新生代洋壳; 4. 印度克拉通; 5. 古亚洲洋消亡带; 6. 扩张脊; 7. 走滑断裂带; 8. 逆冲推覆带; 9. 俯冲带/结合带及俯冲方向

Fig. 1 Generalized geological-tectonic map of the eastern Tethyan domain

1 = Pan-Cathaysian continental strip; 2 = ophiolite and ultramafic rocks; 3 = Cenozoic oceanic crust; 4 = Indian craton; 5 = Palaeo-Asian Ocean subduction zone; 6 = spreading ridge; 7 = strike-slip fault; 8 = thrust; 9 = subduction zone/suture zone and subduction direction

时空结构和特性及其在构造活动、岩浆作用、沉积作用、变质作用、成矿作用及其运动学过程与动力学机制等方面的不同表现和各自的演化规律,把全球岩石圈构造演化分为大陆岩石圈和大洋岩石圈两种构造演化体制。这两种构造演化体制既有平行发展、相互影响、互有联系的一面,又能通过大陆岩石圈拉伸裂离和大洋岩石圈俯冲消减两种机制实现互相转换的一面。即大陆岩石圈通过拉伸、裂离解体形成大洋,转换为大洋岩石圈构造演化体制和大洋岩石圈俯冲消减,大洋闭合,并通过弧后盆地萎缩消减、弧-弧碰撞、弧-陆碰撞的岛弧造山作用来完成向大陆岩石圈构造体制演进的构造体制转换。我们认为从地球表现出现海(洋)陆分异、分化,岩石圈进入板块构造演化阶段之后,全球岩石圈构造演化即开始进入这两种构造体制演化和相互转换的历史。我们曾从这个基本思路出发论述了三江地区沉积盆地的形成、演化史,构造岩浆活动的演化史,大地构造发展史及与之相应的矿产的形成和演变历史,并重新厘定了大地构造单元。我们也将把构造转换论、系统论、过程论这一基本思路引用于整个青藏高原地史演化的论述和大地构造单元的划分。

这两种构造体制在演化过程中都形成一些动力学上互相联系的构造地貌单元,但大洋岩石圈构造体制演化中形成的时空结构系统中一些构造地貌单元大多消失,仅有部分印记残存在板块结合带中,而大陆岩石圈构造体制演化形成的一些构造地貌单元保存较好。这些保存较好的和从印记中反映出来的构造地貌单元信息,正是我们划分大地构造单元的基础。因此,本文采取时空结构的系统性、层次性和相关性的大地构造单元划分原则和基本作法是把由大洋与大陆岩石圈两种构造体制演化及通过大洋岩石圈俯冲消减和大陆岩石圈拉伸裂离两种机制实现二者互相转换中形成的构造单元体一并划出。即根据原、古、特提斯洋闭合造山后形成的构造不整合界面以及多岛弧盆系的空间分布范围,划分出相应的三大弧盆系构造域;以板块结合带和夹于其间的陆块或岩浆弧作为本区构造单元划分的基础或基本格架。

2 大地构造格局划分的理论体系——洋-陆构造体制转换论、多岛弧盆系统论、造山作用过程论

2.1 全球洋陆演化史,至少从中新元古代以来就存在三个以上的大陆群和大洋并存的洋陆分布时空格局

晚前寒武纪以来,全球可分为劳亚古陆块群、冈瓦纳古陆块群和泛华夏古陆块群,它们各自成体系并具独特的地质演化过程。至少在中生代时全球有古大西洋、古亚洲洋(含乌拉尔洋)及特提斯洋。中生代以来才有现今的大洋和各大陆群时空分布格局。

2.2 特提斯海(洋)从萌生、扩展、萎缩、消亡到汇聚造山的整个演化过程,受控于全球洋陆时空结构转换

晚前寒武至早古生代,地质、古生物、古地磁等证据表明,多数大陆聚集在南半球,呈现“南聚北散”的时空格局,晚古生代多数大陆聚集在西半球;分南北两大陆块群,与东半球的泛华夏古陆块群呈“三足鼎立”的时空格局;中生代以来多数大陆漂变到北半球,表现为“北聚南散”的时空格局。特提斯演化就是在这一全球洋陆转换背景中发生、发展、消亡,并奠定了现今特提斯造山带的地壳结构基础。

70年代以来,以板块构造观分析特提斯演化的模式主要有“剪刀张”、“传送带”和“手风

琴运动与开合”三种模式,所有这些模式都是以一个联合古陆的形成和特提斯是泛大洋(古太平洋)中一个海湾的假设为前提,或以冈瓦纳大陆裂离、亚洲大陆增生为基点。随着对东特提斯(以青藏高原地区为主体)地质构造演化的认识深化,特提斯演化、造山作用的解释由两陆(劳亚大陆和冈瓦纳大陆)一洋(特提斯洋)模式转变为三陆(劳亚大陆、冈瓦纳大陆、泛华夏大陆)两洋(特提斯洋和古亚洲洋)的特提斯多弧-盆系统的洋陆转换演化模式,即多岛弧碰撞造山模式(许靖华等,1995;潘桂棠等,1997)^[25,29]。

2.3 一个大洋从发生、扩展到消亡是一个漫长的演化过程

一个大洋从发生、扩展到消亡有一个很长的演化过程,其生命期至少需要600~800Ma的时间尺度。现今太平洋至少已有200Ma的扩张历史,北太平洋由于洋中脊已俯冲进入北美大陆之下并转换成圣安德烈斯走滑断裂,已不存在洋底扩张,在西太平洋表现为东亚及东南亚多岛弧盆体系的演化。依据GPS测量的上海与旧金山间距离每年缩短5cm,这样太平洋将在400Ma后消亡。特提斯构造域中,通过许多蛇绿岩带所恢复的扩张盆地,只经历了几十个百万年的“开与合”,而这个时限,最多是边缘海盆地或弧后盆地的生命期。特提斯大洋从发生、发展到消亡(晚前寒武纪到始新世)其生命期至少也有600Ma以上。

2.4 特提斯大洋的原始规模与现今太平洋相当

当从特提斯演化的联合古陆与泛大洋模式跳出之后,将包括青藏高原及其邻区的特提斯造山带的原型恢复为古大洋,而不是一个广阔的联合古大陆海湾或浅特提斯海,随之而来的是这一原始大洋的宽度的定量问题。近10年来,通常是根据特提斯构造域内部造山带的现存长度和宽度,经构造变形研究测量或地球化学分析数据示踪,推断恢复已闭合消失的古洋盆的大小,例如据莫宣学(1990)^[18]计算,金沙江洋盆为1800km±,理塘洋盆为476km±,但是这些都仅仅是小洋盆或边缘海盆地。如果我们从全球大洋岩石圈形成演化的角度来考虑,特提斯古大洋是显生宙全球洋-陆转换演化历史链条的一个环节。特提斯洋存在的时期,太平洋尚未形成。太平洋的张开和形成演化过程,正是特提斯洋不断萎缩、消亡的过程。也就是说中生代末消亡闭合的特提斯洋,其原始规模应具有现今太平洋的规模。冈瓦纳大陆群的研究成果表明,中生代初印度陆块属冈瓦纳的一部分,自白垩纪开始分裂向北推进,现今印度与南极之间的距离达9000km以上。从相对运动论看,亚洲大陆南移的幅度既能补偿北冰洋的扩张,也可以补偿印度与亚洲碰撞而发生的陆壳缩短幅度。那么消失的特提斯洋沿南北方向的宽度应不小于9000km(盖保民,1991)^[30]。特提斯喜马拉雅和青藏高原沿南北方向的巨大缩短,大体只反映劳亚大陆群与冈瓦纳大陆群的相互关系,而泛华夏大陆群于前两大陆块群之间作向西进楔入,形成一系列呈南北向延伸的山链,横断山及贺兰山等则又表现了东西方向的巨大压缩,看来太平洋的扩张规模是以泛华夏大陆的陆壳本身的缩短幅度与近南北向造山带的缩短幅度之和来实现岩石圈水平运动的均衡补偿,否则东特提斯多弧-盆系造山带的形成过程就无法理解。

2.5 大洋岩石圈俯冲形成陆缘火山-岩浆弧边缘、岛弧边缘及残余弧后盆地

太平洋岩石圈的双向俯冲作用在其东侧形成以陆缘火山-岩浆弧为主体,在其西侧形成多岛弧-盆系的格局。古亚洲洋的演化在西伯利亚地盾的西南及西南缘形成多岛弧-盆系及一系列弧-弧、弧-陆碰撞带,而在天山和华北缘形成以陆缘火山-岩浆弧为主体(含有早期弧后盆地消减杂岩带)。这种大洋岩石圈的不对称演化特征在特提斯大洋岩石圈演化中也表现出同样的特点。在洋-陆转换过程所形成的多弧-盆系系统中,邻接大洋盆地的岛弧,称之

为前锋弧。爪哇海沟标志着印度洋板块长期俯冲于泛华夏板块之下的位置(图1),俯冲作用始于晚中生代,在海沟之后(之北)200km的苏门答腊和爪哇岛发育了巨大白垩纪-第三纪熔结凝灰岩和酸性及中性的岩浆岩。印度尼西亚岛弧,即是东南亚弧盆系的前锋弧,在印度尼西亚前锋弧的后面,拥有数十个弧后盆地(许靖华等,1995)^[29],以及无数的浅滩和数百个岛礁,有的弧后盆地出现扩张洋脊、洋壳和海山,有的只是边缘海性质。中国南海盆地是其中最大的弧后盆地,南北长2600km,东西宽约1300km,其边缘带具有不同的构造属性,该盆地北侧为被动边缘,西侧为走滑剪切,南部的南沙群岛位于与巴拉望海槽隔开的残留弧上,以浅海碳酸盐沉积为主,巴拉望海槽是古近纪(E₂-E₃)的弧后盆地,同时,苏拉威西南部弧后盆地萎缩,在苏拉威和加里曼丹之间的交界处形成了Lupar谷混杂岩带(许靖华等,1995)^[29]。这明显地显示出一个弧后盆地的扩张与另一个盆地的萎缩消亡具同步的现象。

2.6 古岛弧、弧后盆地等的存在,意味着大洋盆地存在。多岛弧盆系是大洋岩石圈经历发生、发展向萎缩、消减演化的标志

在东特提斯发现了许多由消减和消减杂岩所组成的蛇绿混杂岩带,“三位一体”的蛇绿岩多数是“小洋盆”、弧后盆地、岛弧边缘海型,既存在早古生代岛弧、陆缘弧和晚古生代的火山弧和复合岩浆弧,又有中生代的陆缘弧、岛弧。多岛弧系统的存在意味着大洋岩石圈的存在、消减和转换。特提斯大洋岩石圈至少从古生代到中生代,经历了由发生、发展到萎缩、消亡的长期连续的复杂的演化过程,古特提斯是原特提斯的继承和发展,中特提斯也不是古特提斯洋消亡后重新打开,有部分特提斯洋壳被随后的印度洋归并。

2.7 洋、陆岩石圈构造体制的转换主要通过弧后盆地消减、弧-弧碰撞、弧-陆碰撞的岛弧碰撞造山作用完成

从东特提斯地质来看,在特提斯洋消减过程中产生于泛华夏大陆群西部边缘的一系列边缘海盆地、岛弧盆地系及其之上沉积物和其它岩石组合,在古生代以来连续被卷入造山作用中,最终成为泛华夏大陆的一部分。特提斯大洋岩石圈以大致自北东向南西不断形成的岛弧造山带,在转化为青藏高原大陆岩石圈水平构造运动过程中,古老边缘海和弧后盆地的萎缩,不是“软碰撞”、“碰撞不造山”,而是弧-弧碰撞、弧-陆碰撞的岛弧碰撞造山作用。弧后前陆盆地和大陆边缘盆地转化为周缘前陆盆地的形成,乃是盆山转换的地质记录 and 重要标志。

2.8 东特提斯超级造山系统地壳组成主体是一系列古岛弧造山带(与大陆块邻接区表现为大陆边缘造山带)

从东特提斯超级造山系统,具有复杂多样的地质作用过程、形成和改造的地壳物质组成,以及条块镶嵌的结构构造特征。现今表现为不同时代形成(主要是古生代以来)一系列规模巨大、不同类型、不同时期的岛弧造山带的组合体,整体表现为大小不等的软基底古岛弧及其间的弧后、弧间或小洋盆残迹与碰撞结合带组成的复杂构造域。

2.9 大陆斜向汇聚碰撞作用在东特提斯构造域是最普遍的大洋岩石圈向大陆岩石圈体制转换的一种运动学和动力作用方式

以华夏大陆群的扬子陆块为例,增生作用之前首先是印支、保山、昌都及中咱微陆块分别与相邻的岛弧发生弧-弧碰撞、弧-陆碰撞成复合体系。扬子陆块先与东南侧的哀牢山带开始斜向碰撞造山(T₂末期),而北西段在川西还正在发育弧盆系统(T₃);同时,扬子陆块北缘从西秦岭向西到昆南、可可西里也是表现为从T₂-T₃末的斜向连续碰撞。也就是说,扬子大

陆从西秦岭向西到昆南,可可西里也是表现为从 T_2-T_3 末的斜向连续碰撞。也就是说,由于扬子大陆的向西斜向楔入运动,才最终全面关闭了古特提斯巴颜喀拉洋。

2.10 青藏高原的固体地球作用过程表现为三个重要的构造过程

青藏高原物质组成的主体不是冈瓦纳大陆的裂离地体经五次漂移拼贴,而是显生宙不同时期特提斯大洋萎缩、俯冲形成的多岛弧-盆系统,经多期多岛弧碰撞造山作用组合汇聚成一体的结构。青藏高原的固体地球作用过程是一种物理、化学和生物作用过程,原有的地质体不断蜕变和被改造,新生地质体不断形成的过程,它表现为三个重要的构造过程:一是特提斯大洋岩石圈不断萎缩、消亡和弧-弧或弧-陆碰撞造山作用过程;二是随盆-山转换和造山带不断形成而发生的高原不断增长的过程;三是随陆内汇聚作用与高原隆升而发生的地壳大幅度缩短和增厚的过程。由于青藏高原的古构造和古地理环境频繁转换演化,物质流和能量流的多次转换,重新定位,有利于各种矿产资源的形成。

3 大地构造格局——多岛弧盆系的时空结构

东特提斯具有比西特提斯(帕米尔以西)更为独特的地质构造特点,作为东特提斯构造域主体的青藏高原,整个显生宙发育了一系列弧盆系统。既有东南亚-印尼岛弧边缘海型,又有日本群岛裂离型和安第斯陆缘弧型,以及各种相关类型的弧盆系。班公湖-怒江结合带经嘉玉桥东侧、扎玉、碧土-梅里雪山西坡,向南与昌宁-孟连结合带相接,构成特提斯大洋盆地最终闭合消亡的主缝合线,其实际表现为冈瓦纳大陆与泛华夏大陆的对接带。班公湖-丁青-碧土-昌宁-孟连对接带是冈瓦纳大陆的北界(潘桂棠等,1997)^[23]。

青藏高原的大地构造格局以班公湖-丁青-碧土-昌宁-孟连对接带为界,自北东向南西划分为三大弧-盆系(图2)。

3.1 泛华夏大陆早古生代秦祁昆弧-盆系

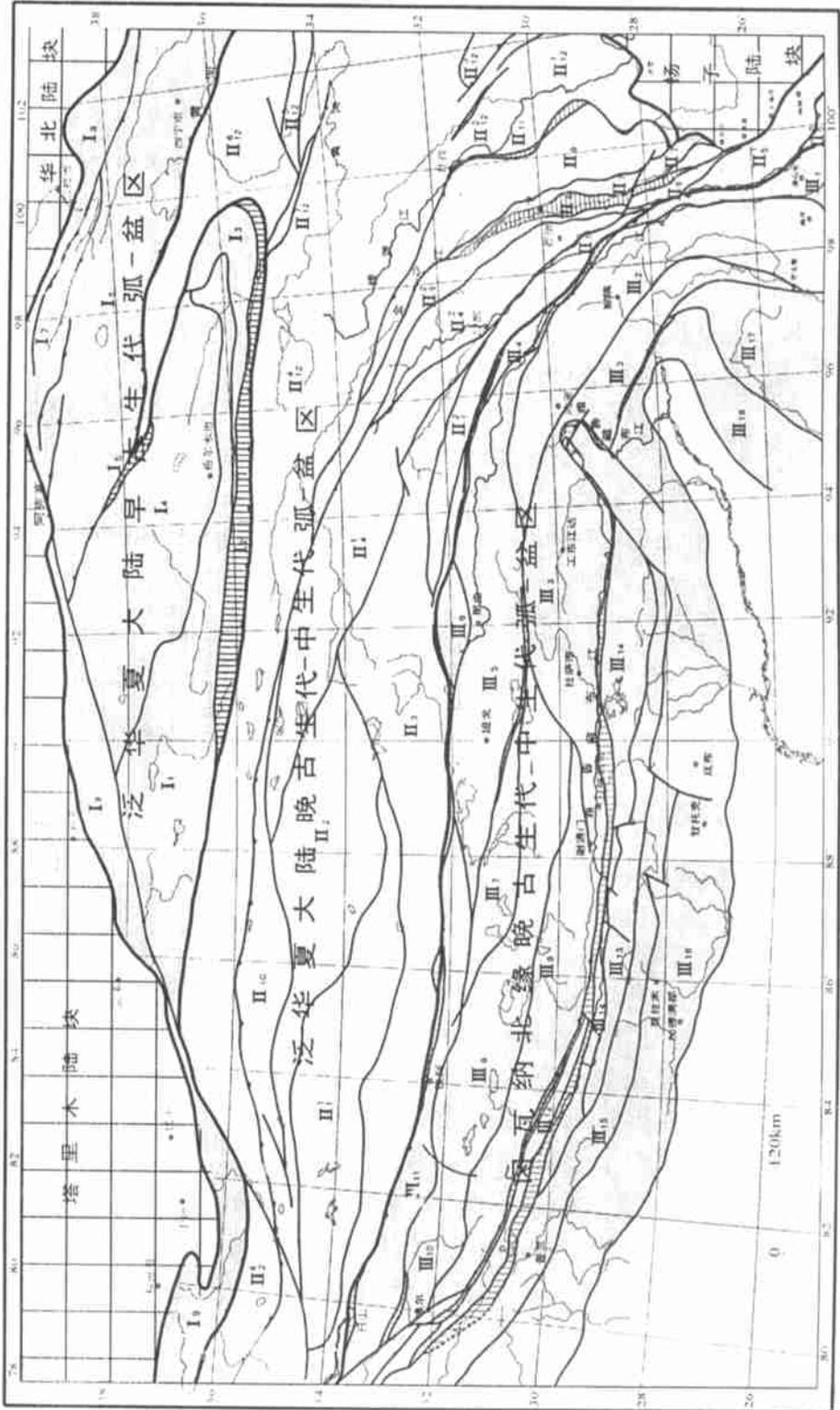
早古生代,在泛华夏大陆群西侧已经出现昆仑前锋弧和康滇海岸山陆缘弧。昆仑山以北奥陶纪时的多岛弧-盆系统的形成,受原特提斯洋和古亚洲洋的双重制约,与东南亚多岛弧盆系受控于印度洋和太平洋双向俯冲相类似。在早古生代泛华夏大陆的西部边缘,存在近东西向的昆仑前锋弧,在它的北侧,塔里木、柴达木、祁漫塔格、阿尔金、祁连山、拉鸡山等地的早古生代地质历史,它包括了多岛弧、弧后海底扩张与弧后盆地萎缩、消亡和弧-弧碰撞或弧-陆碰撞的历史。碰撞之后该区的大部分地区于泥盆纪已转化为陆地,成为泛华夏大陆群华北陆块西南缘的一部分,前锋弧的南面则为张开的特提斯洋。

3.2 泛华夏大陆晚古生代藏北(羌塘)-三江弧-盆系

从昆仑前锋弧和康滇陆缘弧以日本群岛裂离型裂离出唐古拉-他念他翁残余弧,构成泛华夏大陆西南缘的晚古生代前锋弧,羌塘-三江的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。晚古生代—中生代,泛华夏大陆前锋弧南移到了唐古拉山-他念他翁-澜沧江一带,平面上呈反“S”型展布,看起来似乎拦腰截断青藏高原的中央部分,夹持于该前锋弧与早古生代昆仑前锋弧之间,包括羌塘、澜沧江、昌都、兰坪、金沙江、中咱、义敦、甘孜-理塘等地的晚古生代—中生代地质历史的广大区域,构成了泛华夏大陆晚古生代—中生代弧-盆系或多岛弧造山构造域。

3.3 冈瓦纳北缘晚古生代—中生代冈底斯-喜马拉雅(西藏群岛)弧-盆系

特提斯洋南侧的冈瓦纳大陆北缘,已有证据表明存在从石炭纪开始转化为活动大陆边



缘的信息,中生代是西藏群岛的弧-盆演化史。班公湖-丁青-碧土-昌宁-孟连对接带(混杂岩带向南俯冲)是冈瓦纳与劳亚-泛华夏大陆的分界线,亦即冈瓦纳大陆的北界。伯舒拉岭-高黎贡山属于冈瓦纳晚古生代—中生代前锋弧。聂荣隆起、嘉玉桥变质地体等是前锋弧的残块,在前锋弧的后面(南侧)是晚古生代—中生代西藏群岛(冈底斯-喜马拉雅)弧-盆系。该弧-盆系中晚侏罗世—早白垩世(主要是早白垩世)的雅鲁藏布江蛇绿岩,是目前青藏高原乃至中国大陆内,保存最好、最完整的蛇绿岩“三位一体”组合,代表了特提斯洋向南俯冲诱导出的一系列藕断丝连弧后扩张盆地。

图 2 青藏高原弧-盆系构造分区图(中文图注见文)

Fig. 2 Tectonic division of the arc-basin systems on the Qinghai Xizang Plateau

I = Pan-Cathaysian continental Early Palaeozoic Qinling-Qilian-Kunlun arc-basin system; I₁ = Pan-Cathaysian continental Kunlun front arc; I₂ = southern Kunlun front arc Palaeozoic subduction complex zone; I₃ = Burhan Budai-Ngola Late Palaeozoic-Triassic volcanic magmatic arc and fore-arc accretionary wedge; I₄ = Qaidam land-mass (Late Palaeozoic back-arc residual basin); I₅ = northern Qaidam Ordovician subduction zone; I₆ = Central Qilian-Datongshan Early Palaeozoic island-arc uplift zone; I₇ = North Qilian archipelago and back-arc oceanic basin subduction zone; I₈ = Hexi Corridor island chain-back arc basin zone; I₉ = Tarim Late Palaeozoic back-arc residual basin; II = Pan-Cathaysian continental Late Palaeozoic-Mesozoic arc-basin systems; II₁ = Pan-Cathaysian continental Late Palaeozoic island-chain front arc; II₁¹ = Central Qiangtang island chain; II₁² = Taniantaweng residual island arc (Jitang and Youxi Groups); II₂ = North Qiangtang Late Triassic back-arc basin; II₃ = South Qiangtang foreland basin; II₄¹ = Kaixingling-Zadoi island arc-interarc basin; II₄² = Qamdo back-arc foreland basin (P₁²-P₂ = back-arc basin; T₂-K = foreland basin); II₅¹ = Lanping-Simao Late Palaeozoic back-arc basin (T₂-K = back-arc foreland basin); II₅² = South Lancangjiang Late Palaeozoic-Triassic volcanic magmatic arc; II₆¹ = Mojiang-Luchun Permian-Triassic volcanic magmatic arc; II₆² = Jomda-Deqen-Weixi Permian-Triassic volcanic magmatic arc; II₇ = Zongza Late Palaeozoic platform; II₈ = Jinshajiang-Ailaoshan suture zone; II₉ = Yidun Late Triassic island arc; II₁₀ = Samarsu'gyari Late Triassic volcanic arc and Hoh Xil suture zone north of it; II₁₁ = Garze-Litang suture zone; II₁₂¹ = Yajiang Late Triassic residual basin; II₁₂² = Xianshuihe melange zone; II₁₂³ = western Yangtze Early Palaeozoic coastal mountain-chain marginal basin; II₁₂⁴ = Bayan Har Late Palaeozoic-Middle Triassic back-arc basin (T₂²-T₃ = back-arc foreland basin); II₁₂⁵ = Xiqingshan Late Palaeozoic platform; II₁₂⁶ = Gonghe Triassic residual basin; II₁₂⁷ = A'nyemaqen intra-oceanic arc and Majixueshan melange zone; III = northern Gondwana Late Palaeozoic-Mesozoic Xizang Islands arc-basin system; III₁ = Yunnan-Burma-Thailand-Malaysia micro-continent (Baoshan Block); III₂ = Gangdise-Baxoila-Gaoligongshan front arc; III₃ = Lhasa-Bomi-Zayu Mesozoic-Cenozoic volcanic magmatic arc; III₄ = Jiayuqiao Late Palaeozoic deformational-metamorphic unit; III₅ = Nagqu Jurassic back-arc basin; III₆ = Nyainrong Palaeozoic deformational-metamorphic unit; III₇ = Xainza Palaeozoic platform; III₈ = Coqen-Nyainqentanglha Early Permian-Mesozoic island chain; III₉ = Gangdise Cretaceous-Paleogene volcanic magmatic arc; III₁₀ = Kongbogarri Cretaceous-Tertiary volcanic magmatic arc; III₁₁ = Nganglongkangri Jurassic-Cretaceous magmatic arc; III₁₂ = Ayila Ri'gyu Late Palaeozoic platform; III₁₃ = Lhagoi Kangri metamorphic coral complex zone; III₁₄ = continental marginal-rifted accretionary wedge; III₁₅ = Higher Himalayan thrust zone; III₁₆ = Lesser Himalayan thrust zone; III₁₇ = Burma Central Lowland volcanic arc; III₁₈ = Naji-A-lagan fore-arc accretionary wedge

4 青藏高原多岛弧-盆系构造单元的基本特征

4.1 泛华夏大陆早古生代秦祁昆弧-盆系地质

1. 泛华夏大陆昆仑前锋弧(I₁)

近东西向展布的昆仑山火山-岩浆弧带,构成了泛华夏大陆早古生代前锋弧,亦即昆仑-祁连弧-盆系的前锋弧。主要由中新元古代的片麻岩、混合岩或角闪岩等构成基底,震旦系和下古生界构成了大陆边缘之上的沉积盖层。震旦系主要由浅海相的碳酸盐岩和碎屑岩组成,偶夹冰碛层;下古生界由边缘海层序的海相碎屑岩和碳酸盐岩或者为浅海相的沉积岩层和岛弧有关的火山岩组成,其中火山岩为玄武岩、安山岩、凝灰岩和凝灰质砾岩等岩石组合。上古生界为一套浅海相或陆相的沉积,昆仑晚泥盆世红色磨拉石相砾岩不整合盖在下伏地层之上。除三叠纪早中期仍有海相层外,中生代地层主要为一套陆相的沉积物,属造山期后的山前或山间盆地型沉积。昆仑山脉的前寒武纪基底残片,是泛华夏大陆克拉通分裂出来的岛弧型陆块体。

昆仑前锋弧的深成岩浆活动自新元古代到新生代几乎是连绵不断的,其时代主要集中在540~420Ma和260~200Ma两个时期,呈近东西向的巨型岩基大面积分布,岩石类型与组合复杂,从中性的闪长岩到酸性的花岗岩均有,岩石化学与地球化学特征表明昆仑前锋弧的花岗岩全部或至少大部分显示I型特点及钙碱性系列,推测为与洋壳俯冲密切相关,属于典型的多期或至少两期叠加而成的岛弧型岩浆弧。

2. 昆仑前锋弧南缘古生代消减杂岩带(I₂)

夹持于东昆仑中断裂与昆仑南缘断裂之间的构造带,实际上是一个由不同时代的构造岩块或岩片、蛇绿岩与火山-沉积岩系构成的昆仑前锋弧南缘的古生代消减杂岩带。它包括由块状超基性岩相堆晶岩、席状辉绿岩床(墙)及变基性火山岩为主的东昆仑中南缘蛇绿岩带,纳赤台一小南川一带的一套复理石砂板岩、变基性火山岩、辉长岩、大理岩、薄层泥质灰岩等的火山-沉积岩系,都是消减杂岩带中的组成部分。这个消减杂岩带形成的时代可能从早古生代一直延续到晚古生代末至早中生代初,以早古生代为主,向东经苦海、托索湖及其以北一带,急剧向北折转,围绕柴达木东端形成向东突出的弧形构造带,尤以南东侧瓦洪山断裂表现最为明显。在都兰-茶卡、乌兰-天峻之间均可见到发育较好的蛇绿混杂岩带,它们由超基性岩、堆晶辉长岩和变基性火山岩、硅质岩、灰岩等构造岩块混杂组成,它显然是消减杂岩带向东围绕柴达木陆块东端向北-北西折转后的延伸。

3. 布尔汗布达-鄂拉山晚古生代-三叠纪火山-岩浆弧及弧前增生楔(I₃)

布尔汗布达-鄂拉山晚古生代-三叠纪火山-岩浆弧及弧前增生楔,在平面上构成近东西向折转北-北西向的向东突出的弧形构造带,海陆交互相泥盆系岛弧火山岩、碎屑岩、及石炭系-二叠系碳酸盐岩-碎屑岩组合不整合盖在早古生代和前寒武纪变质岩之上。早中三叠世为海相火山岩,集中分布于火山弧的北段和东南段,为钙碱性系列的玄武岩-安山岩-流纹岩组合及较多的火山碎屑岩;中三叠统仓坚沟组,由砂板岩、灰岩、泥灰岩、角砾状灰岩夹凝灰岩及火山岩组成,厚度巨大,为弧前盆地全盛期产物。上三叠统与下伏地层呈不整合接触,主要以由陆相为主的中酸性岛弧火山岩、碎屑岩及凝灰岩组成。侏罗系假整合或不整合于上三叠统之上,为陆相碎屑岩含煤地层,已属山间盆地性质。

火山-岩浆弧中的中酸性侵入岩以加里东晚期及海西期为主,主要岩石为闪长岩,其次

是石英闪长岩、花岗闪长岩、斜长花岗岩及二长花岗岩,其时代主要集中在386~376Ma和322~293Ma两个时期,主要呈规模巨大的岩基分布,另有少量的印支期花岗岩岩株或小岩基侵入。岩石化学及地球化学特征显示为岛弧型的火山-岩浆弧。

4. 柴达木陆块(晚古生代弧后残留盆地)(I₄)

柴达木盆地位于青藏高原以北,北以阿尔金山脉和祁连山脉为界,南以昆仑山脉为界,是印支期造山运动之后圈闭在昆仑前锋弧后面的残留弧后盆地,是幸存于古特提斯洋消亡的晚三叠纪弧-陆碰撞过程中的残留盆地(许靖华等,1995)^[29]。柴达木周缘山脉中的泥盆纪和石炭纪地层为一套古特提斯活动边缘层序的陆相和浅海相火山沉积,广泛分布于昆仑山脉的晚古生代至三叠纪的花岗岩类岩基与二叠纪—三叠纪时期布尔汗布达-鄂拉山带的火山弧也是活动边缘。因此,柴达木盆地晚古生代是以布尔汗布达-鄂拉山火山-岩浆弧为前锋弧的弧后盆地,其基底可能为古元古代深变质岩,侏罗系至第四系均为巨厚的河湖相至山麓堆积相,其中白垩系至第四系为红色含膏盐碎屑岩组合,夹多层砾岩。

5. 柴北缘奥陶纪消减带(I₅)

该蛇绿岩带主要分布于赛什腾山、绿梁山及锡铁山一带,主要由纯橄岩、斜辉辉橄岩、单斜辉石岩、橄榄辉长岩、辉长岩及蛇纹岩、变拉斑玄武岩及硅质岩组成,超基性岩主要为镁质超基性岩($m/f=8.1\sim 12.5$)。在大柴旦南胜利口—镜铁山一带,可见明显的蛇绿混杂岩带,在强片理化的碎屑岩基质中混杂有超基性岩、变基性火山岩、碳酸盐岩及硅质岩的构造岩块。该蛇绿混杂岩时代为早古生代,其上为泥盆系—石炭系不整合所覆盖,泥盆系为红色磨拉石建造,厚数十米至数百米,夹中、基性火山岩,有些地段向南逆冲在第三系红色碎屑岩之上。

6. 中祁连-大通山早古生代岛弧隆起带(I₆)

岛弧隆起带由托来山岛弧、大同山岛弧、西宁-民和岛弧、天水岛弧及中秦岭岛弧等组成,呈串珠状延伸,岛弧隆起带的基底由元古界湟中群与花石山群等组成,前者为片麻岩、变质角闪岩,后者为绿片岩相的一套变质岩,它们共同构成弧体基底。早古生代主要为一套海相碎屑岩和碳酸盐岩夹有岛弧型的火山岩沉积,这一时期主要表现为花岗闪长岩和斜长花岗岩的大量侵入,其同位素年龄值为537~404Ma;晚古生代为海陆交互的碎屑岩和碳酸盐岩,其上与三叠系呈整合接触,三叠纪以后的年轻地层主要为陆相碎屑岩沉积。

7. 北祁连多岛弧及其弧后洋盆消减带(I₇)

北祁连多岛弧及其弧后洋盆消减带,由多条蛇绿混杂岩带与其间的海山或岛弧带组合而成。自北向南划分出四条蛇绿岩和火山弧带(左国朝,1986):①榆树沟山-冷龙岭-老虎山带;②阴沟-马雅雪山-白银厂带(小青羊-香台子-童子坝带);③柴达诺山-景阳岭-黑茨沟带(边麻沟-清水沟-百经寺-景阳岭带);④托莱山-达坂山带。

北祁连蛇绿混杂岩带由超镁铁质岩、辉长岩、斜长花岗岩、灰岩、黑色页岩、放射虫硅质岩岩块、基性枕状熔岩和复理石砂板岩及蓝闪片岩等构成。裂谷作用始于震旦纪末至早中寒武世,洋盆形成于晚寒武世至早奥陶世,洋盆俯冲消减、闭合于奥陶纪,海盆结束于志留纪,它们当时可能是连为一体的统一的洋盆和弧-盆系统,洋盆具有双向俯冲的特点。晚志留世至泥盆纪(主体为泥盆纪)的磨拉石堆积,标志着盆山转换的开始,表现为弧-弧、弧-陆碰撞作用的终结,石炭纪—三叠纪叠加了浅海相、滨海沼泽相的碳酸盐岩碎屑岩沉积。

8. 河西走廊岛链-弧后盆地带(I₈)

河西走廊岛链-弧后盆地带,新元古代变质岩系出露零星,早中寒武世时伸展裂陷体制下以巨厚陆缘碎屑沉积组合为特征,西从玉门昌马经肃南大岔大坂、民乐扁都口,东到永登白银均发现有早奥陶世岛弧杂岩,其中在永登石灰沟火山岩组合中发现橄欖安粗岩,被视为成熟岛弧的岩石学标志(夏林圻等,1991)^[31]。在弧后盆地区,已发现具席状岩墙的扩张洋脊蛇绿岩,近陆或者近弧的弧后盆地蛇绿岩,以及弧间盆地蛇绿岩(冯益民等,1994)^[32]。带内中寒武统及下中奥陶统为浅海相过渡型至稳定型碎屑岩、碳酸盐岩组合,中奥陶统火山岩在西段富碱,以细碧岩为主夹角斑岩、碧玉岩及火山角砾岩,东段以中性斑岩、玢岩及凝灰岩为主。中奥陶统上部及上奥陶统为滨、浅海相碎屑岩、碳酸盐岩组合,局部夹火山岩。志留系仅见下统,为浅海至次深海相黑色碎屑岩,具浊流沉积特征,火山岩组合见于东段,以安山集块岩、流纹岩为主,少量为安山玄武岩,火山岩具有自北向南逐渐增多的趋势。泥盆系陆相磨拉石与下古生界呈超覆不整合接触,石炭系至三叠系以陆相复成分碎屑岩为主,侏罗系至第四系为陆相红色碎屑岩,岩浆侵入活动主要发生于加里东中、晚期,形成的岩浆岩以花岗岩类为主。

9. 塔里木晚古生代弧后残留盆地(I₉)

塔里木盆地位于天山和昆仑山之间,东以阿尔金山为界,西以中国新疆与原苏联分界线为界,在塔里木盆地周缘山脉及盆地中心的升高脊的浅部出露有前寒武纪变质基底和古生代沉积盖层。晚古生代,昆仑山和塔里木盆地的石炭纪—二叠纪地层主要是火山沉积物和黑色页岩,为弧火山和弧后火山作用的产物,昆仑前锋弧南缘深海盆地或弧前盆地的二叠纪—三叠纪浊积岩层形成了增生楔,相应地昆仑前锋弧之后的塔里木盆地晚古生代被定为弧后盆地(许靖华等,1995)^[29]。

4.2 泛华夏大陆晚古生代藏北(羌塘)-三江弧-盆系地质(II)

1. 泛华夏大陆晚古生代岛链状前锋弧(II₁)

从昆仑前锋弧和康滇陆缘弧裂离出的唐古拉-他念他翁残余弧,构成了泛华夏大陆西南缘的晚古生代前锋弧。现今位置的前锋弧由整体上呈反“S”型分布的羌塘弧、吉塘残余弧、崇山残余弧、澜沧江残余弧等组成。这些弧体的稳定沉积盖层为泥盆系—石炭系的沉积物,其下伏均为增生楔型的绿片岩相变质杂岩(变质“软基底”),后者诸如羌塘戈木日群,昌都西侧的西西群、吉塘群,兰坪西侧的崇山群,思茅西侧的澜沧群,均是前寒武纪到早古生代的岩石,它们均为特提斯洋向北或北东俯冲形成的岛弧火山岩及其增生楔型沉积。现今在青泥洞—海通一带所见奥陶纪的被动边缘复理石沉积,则印证其属早古生代弧后扩张作用形成的沉积物。

2. 中羌塘岛链(II₁)

中羌塘岛链分布在羌塘盆地的中央,它横切羌塘盆地,并将其分隔为北羌塘与南羌塘两个凹陷。前泥盆系戈木日群的一套变质很深的地层构成了中羌塘岛链的基底,其中业已经历了变质的火山岩被证明具有岛弧型特征。侵位于绿片岩、砂板岩地层中的基性、超基性岩时代跨度为晚古生代。岛链体上,泥盆纪—石炭纪为海相碎屑岩和碳酸盐岩,二叠纪总体表现为玄武岩及玄武安山岩-生物礁或者滩灰岩和其上煤系地层的洋岛型的“三位一体”组合,三叠纪为海相的碎屑岩和碳酸盐岩,与岛弧型的火山岩呈互层或夹层。羌塘-三江地区的弧-陆碰撞后,该区侏罗纪变为海陆交互相,以后的年轻沉积物均为陆相且分布零星。

3. 他念他翁残余岛弧(吉塘群、西西群)(II₁²)

在藏东三江地区出露一套为吉塘群的变质片麻岩,其源岩为中酸性火山岩夹碎屑岩、灰岩,而西西群为绿片岩相的变质砂砾岩、砂泥岩和火山岩,表现为绿泥石钠长片岩、二云母石英片岩、绿泥石石英片岩(Rb-Sr等时线年龄值为 $371\text{Ma} \pm 50\text{Ma}$),原岩恢复为岛弧玄武岩及英安岩(雍永源等,1990),其地球化学特征表现出岛弧活动环境。这两套地层被认为是羌塘陆块区的软基底(罗建宁等,1992;潘桂棠等,1997)^[10,25]。这套活动型沉积物分布在类乌齐至吉塘一线之间,以类乌齐地区为主,称之为类乌齐岛链。向北西延伸为唐古拉变质地体。该岛链向南可与崇山群相比,向北可与中羌塘岛链、鲁玛江冬错变形变质单元相比。

4. 北羌塘晚三叠世弧后盆地(II₂)

北羌塘盆地北侧以可可西里-金沙江结合带为界,其南侧为中羌塘岛链——中央隆起带,盆地基底岩石为前泥盆系戈木日群中深变质岩系的变质褶皱“软基底”,泥盆纪—石炭纪为拉张型陆表海沉积,为碳酸盐岩-碎屑岩建造沉积,二叠纪主体表现为岛弧-盆地体系,发育(含煤)碎屑岩建造、岛弧火山岩建造,早中三叠世表现为拉张盆地沉积,为碎屑岩-碳酸盐岩建造,中三叠世晚期至晚三叠世受可可西里-金沙江洋盆俯冲消减作用的影响而成为弧后盆地沉积,沉积物类型以砂泥质浊积岩、碳酸盐岩为主,侏罗纪是羌塘前陆盆地形成的主体,早侏罗世以那底岗日组为代表,为一套厚度数百米的火山浊流沉积组合,代表的是前陆盆地早期复理石楔形沉积体,该套复理石/浊积岩与晚三叠世弧后盆地沉积物呈明显的假整合接触关系,中晚侏罗世,充填了海相磨拉石沉积物,白垩系主要为一套陆相磨拉石建造沉积,第三系、第四系均为陆相断陷盆地沉积。

5. 南羌塘前陆盆地(II₃)

南羌塘盆地北侧为中羌塘岛链——中央隆起带,南侧为班公湖-怒江结合带,盆地基底岩石为前泥盆系戈木日群中深变质岩系的变质褶皱“软基底”,泥盆纪—石炭纪为拉张型陆表海沉积,为碳酸盐岩-碎屑岩建造沉积,二叠纪主体表现为岛弧-盆地体系,发育(含煤)碎屑岩建造、岛弧火山岩建造,早中三叠世表现为拉张盆地沉积,为碎屑岩-碳酸盐岩建造,晚三叠世表现为拉张背景下的被动大陆边缘盆地,以沉积斜坡相细屑浊积岩组合为特征。早侏罗世,班公湖-怒江洋盆由离散型转变为汇聚型,南羌塘盆地以曲色组为代表,为一套厚度数千米的砂泥质细屑复理石建造沉积,代表前陆盆地早期复理石楔形沉积体,该套浊积岩与晚三叠世被动边缘沉积的浊积岩呈连续或假整合接触关系。中晚侏罗世,羌塘盆地内充填了巨厚(3000~4500m)的海相磨拉石沉积,白垩系主要为一套陆相磨拉石建造沉积,第三系、第四系均为陆相断陷盆地沉积。

6. 开心岭-杂多岛弧-弧间盆地(II₄)

开心岭-杂多岛弧-盆地系内,寒武纪—早古生代变质岩,原岩为一套复理石砂板岩夹中基性火山岩,构成残余古岛弧带的基底。泥盆系为台型碎屑岩-碳酸盐岩沉积,石炭系为拉张型盆地中的复理石砂板岩夹基性火山岩,二叠纪为开心岭-杂多岛弧-盆地系发育的主体,弧火山岛可见由下往上为玄武岩、玄武安山岩-滩礁相灰岩-含煤碎屑岩的层序序列,类似于台湾到菲律宾之间的巴坦群岛的岩石组合序列的特点。弧火山岛之间仍有深水盆地沉积物,为复理石砂板岩、硅质岩、碳酸盐岩夹中基性火山岩,空间上岛弧构成一岛链体分布的构造古地理格局。中上三叠统碎屑岩夹碰撞型中基性、中酸性和酸性弧火山岩,缺乏下三叠统,侏罗系—白垩系为海陆交互相至陆相红色碎屑岩,其下缺乏下侏罗统,第三系为陆相红

色碎屑岩, 分布局限。

7. 昌都弧后前陆盆地($P_2^1-P_2$ 为弧后盆地, T_2-K 为前陆盆地)(II₄²)

昌都盆地位于金沙江-哀牢山(东)与北澜沧江-昌宁、孟连(西)两个结合带之间的陆块上, 其东西两侧均为晚古生代晚期—早中生代火山弧。昌都盆地的下部相当于前寒武纪—早古生代的波罗群发育一套钙碱性岛弧火山-沉积岩系及 I 型英云闪长岩(Rb-Sr 年龄值为 462Ma), 为特提斯大洋向北东(现今方位)俯冲形成的火山-岩浆弧及其岛弧之下的增生楔型变质“软基底”, 青泥洞-海通一带的早中奥陶世被动边缘复理石, 盐井-多吉版一带的滨、浅海相碎屑岩-碳酸盐岩建造, 则是早古生代弧后盆地中的残留沉积物。

泥盆纪之后, 昌都盆地开始进入较为稳定的地块发展阶段, 在青泥洞一带, 泥盆系不整合在下奥陶统之上, 泥盆系早期为河流、滨岸带碎屑沉积, 到中晚泥盆世—石炭纪的开阔台地相碎屑岩-碳酸盐岩沉积。金沙江-哀牢山洋于早二叠世晚期向西俯冲消减于昌都陆块下面, 导致江达-德钦-维西火山-岩浆弧的形成, 标志该盆地转化为汇聚边缘体系下的弧后盆地, 早期的开阔台地相碳酸盐岩沉积演变为海陆过渡相碎屑岩、含煤碎屑岩及碳酸盐岩, 并伴有基性-中基性-中酸性岛弧火山活动的弧后盆地内沉积。晚三叠世, 由于金沙江-哀牢山洋的闭合, 发生弧-陆碰撞, 昌都二叠纪弧后盆地转化为弧后前陆盆地, 大部分地区缺失下三叠统, 上三叠统至白垩系于弧后前陆盆地内沉积了由海相砂页岩与碳酸盐岩、砾岩、砂岩、泥岩转变为海陆交互相、陆相砾岩、砂岩和含煤岩系、含膏盐岩系组成。从晚白垩世开始, 前陆盆地逐渐萎缩消亡, 古近纪发育了囊谦、贡觉等走滑拉分盆地, 盆地红层中有膏盐沉积。

8. 兰坪-思茅晚古生代弧后盆地(T_2-K 为弧后前陆盆地)(II₅¹)

兰坪-思茅盆地东以金沙江-哀牢山结合带为界, 西以南澜沧江-昌宁、孟连结合带为界。兰坪-思茅盆地西侧分布的新元古代—早古生代变质岩系为一套变质的岛弧火山沉积, 是昌宁、孟连洋在早古生代早期俯冲作用的产物, 墨江—绿春一带的志留系为一套厚度巨大的笔石砂页岩相夹硅质岩及少量碳酸盐岩的复理石沉积, 可作为早古生代弧后扩张盆地中的残留沉积物。泥盆系与下伏地层连续沉积, 泥盆纪—石炭纪为开阔台地相碎屑岩-碳酸盐岩沉积(被动边缘盆地)。

昌宁-孟连洋于晚石炭世和哀牢山洋于早二叠世末分别先后发生向北东和南西的洋壳俯冲, 导致临沧火山弧和绿春火山弧的形成, 标志着该盆地从晚石炭世晚期开始, 转化为与汇聚作用有关, 两侧先后受到火山弧影响的复合弧后盆地阶段, 显示出一定的台-盆相间的构造沉积格局, 在景谷-景洪弧后深水盆地中为泥页岩夹岩屑砂岩的深水远源浊积岩, 弧后台地上为浅水台型碎屑岩-碳酸盐岩沉积。早中三叠世, 昌宁-孟连洋、哀牢山洋先后消亡闭合, 弧-陆、弧-弧碰撞, 兰坪-思茅弧后盆地转化为弧后前陆盆地, 大部分地区缺失下三叠统, 三叠纪时期的兰坪-思茅盆地, 实际上是由西部的弧后碰撞形成的景谷-景洪边缘前陆盆地和东部稍后发育的弧后前陆盆地所构成的复合前陆盆地, 中三叠世至早白垩世于前陆盆地中沉积了由海相砂页岩与碳酸盐岩、砾岩、砂岩、泥岩转变为海陆交互相、陆相砾岩、砂岩和含煤岩系、含膏盐岩系组成。从晚白垩世开始, 前陆盆地逐渐萎缩消亡, 于盆地中部地带发育有河湖相砂岩-泥岩沉积, 晚期发育有蒸发盐, 第三纪时发育一系列小型走滑拉分盆地, 发育有碎屑岩型的石盐、钾盐沉积。

9. 南澜沧江晚古生代—三叠纪火山-岩浆弧(II₅²)

火山-岩浆弧带出露最老地层为中上泥盆统, 主要是一套水道砂体砂岩、海底扇砾岩、细

碎屑浊积岩、硅质浊积岩和硅质岩,为斜坡至盆地边缘沉积环境。石炭纪—二叠纪为一套砂板岩、泥灰岩、灰岩、火山碎屑岩及玄武岩、安山岩和流纹岩组成的岛弧型火山—沉积建造,火山弧带地势起伏较大,有孤立的岛状碳酸盐台地,又有弧间的深水盆地,表现为一岛链体的沉积构造格局。中上三叠统则是以弧火山岩为主的一套火山—沉积岩系。晚三叠世该带北部云县一带出现富钾的玄武岩与富钾流纹岩构成的“双峰式”火山岩组合(钟大赉等,1998;莫宣学等,1993)^[12,18]。

岩浆活动主体形成于海西期—印支期,其大量同位素年龄值介于258~212Ma(范承钧,1983)^[33]之间,岩石化学和岩石学表明具有I型及S型的过渡及双重特征;侵位于二叠纪—三叠纪岛弧玄武岩—安山岩中的岩体群,主要由闪长岩—石英闪长岩—二长花岗岩—花岗斑岩组成,具有I型花岗岩的特征,是岛弧岩浆作用的组成部分(莫宣学等,1993)^[18],南澜沧江火山—岩浆弧,除了与昌宁—孟连洋壳俯冲有关外,可能主要还与景谷—景洪弧后盆地的反向俯冲形成的岩浆—火山弧之复合有关。

10. 墨江—绿春二叠—三叠纪火山—岩浆弧(II₆)

墨江—绿春火山—岩浆弧主要由三套火山岩组成,第一套为晚二叠世钙碱性玄武安山岩—英安岩及相应的火山碎屑岩夹碎屑岩和碳酸盐岩,为浅海相至海陆交互相;第二套为早中三叠世碰撞型英安岩—流纹岩及相应的火山碎屑岩组成;第三套为晚三叠世玄武岩与流纹岩组合构成的“双峰式”火山岩组合(钟大赉等,1998)^[12]。紧靠晚二叠世弧火山岩带的东侧分布有枕状玄武岩,含少量酸性火山岩,产于海相砂泥质类复理石地层中,可能为石炭纪拉张环境的产物。岩浆活动主要为印支期的二长花岗岩巨型岩基,产于弧火山岩带中,墨江—绿春二叠纪—三叠纪火山—岩浆弧带向北延伸接江达—德钦—维西二叠纪—三叠纪火山—岩浆弧带。

11. 江达—德钦—维西二叠纪—三叠纪火山—岩浆弧带(II₇)

该带位于金沙江结合带以西,昌都—兰坪陆块(盆地)以东,向南接墨江—绿春火山—岩浆弧,系金沙江洋盆俯冲消减和斜向碰撞过程中形成。早二叠世晚期至晚二叠世,弧火山岩从早到晚发育拉斑玄武岩系列→钙碱性系列→钾玄武岩系列火山岩,岩石类型为石英拉斑玄武岩、中钾安山岩、英安岩、流纹岩及火山碎屑岩,标志着岛弧产生—发展—成熟的完整过程(莫宣学等,1993)^[18]。火山弧的地势起伏较大,弧海山上可见由火山岩→滩相灰岩→含植物化石的碎屑岩的层序序列,弧火山岛与岛之间仍有深水盆地沉积物,为复理石砂板岩、硅质岩、碳酸盐岩夹中基性火山岩,空间上构成一岛链体分布的沉积构造格局。

早中三叠世发育碰撞型的弧火山岩及中酸性侵入岩,弧火山岩为玄武安山岩—安山岩—英安岩—流纹岩火山岩组合,自下而上、自西向东具有冲、洪积相→滨、浅海相→边缘斜坡相→盆地相的相序组合。晚三叠世于上叠裂谷盆地中发育一套玄武岩和流纹岩组合构成的“双峰”式火山岩及硅质岩、火山浊积岩、凝灰质浊积岩、泥灰岩组合,同时出现大量的辉长辉绿岩墙群。

侵入岩浆活动主要有海西期和印支期两期,主要岩石类型为花岗闪长岩、石英闪长岩和花岗岩及其相应的浅成岩类。

12. 中咱晚古生代台地(II₇)

中咱陆块前寒武系石鼓群羊坡组变质程度较深,变形强度较强,为高绿片岩相—角闪岩相黑云母片岩为主夹斜长角闪岩、夕线石榴黑云母片麻岩,相当于古老的变质褶皱基底。石鼓群陇巴组变质程度较低,变形程度较弱,为中绿片岩相黑云母片岩、黑云母石英片岩,相当

于早古生代被动边缘沉积,系中咱陆块上寒武系—志留系稳定地块型浅水向西部边缘较深水环境的同期异相沉积。石鼓群塔城组,变质、变形程度更低,为中低绿片岩相黑云母片岩、绿泥石英片岩、绢云绿泥片岩夹大套变基性火山岩,相当于晚古生代被动边缘裂陷盆地相沉积,系中咱陆块泥盆系—二叠系稳定台型浅水向西部边缘较深水环境的同期异相沉积(李兴振等,1999)^[34]。

从中寒武世到志留纪,为稳定陆块上的台型滨-浅海相碎屑岩、碳酸盐岩沉积。泥盆系不整合于下伏地层之上,底部形成数十米厚的冲、洪积相底砾岩,泥盆系—三叠系为稳定地块上的台型沉积,为滨、浅海相碳酸盐岩-碎屑岩建造,二叠系夹基性火山岩。中咱陆块的東西两侧的晚古生代为被动边缘沉积,与西侧金沙江洋盆和东侧甘孜-理塘洋盆发育时间相对应,形成一套被动边缘盆地中的滑塌堆积、浊积岩及其基性、中基性火山岩组合。侏罗纪到中生代以来一直处于隆起剥蚀状态。

13. 金沙江-哀牢山结合带(II₈)

金沙江-哀牢山蛇绿岩带分布于金沙江-哀牢山断裂带上,南延进入越南北部。该带蛇绿岩套多被肢解,相对集中分布在江达同普、格达沟-爱拉山、巴塘-霞若和哀牢山一带。主要由蛇纹石化超镁铁岩、超镁铁堆晶岩(辉石岩-纯橄榄岩)、辉长岩-辉绿岩墙群、洋脊型玄武岩及硅质岩和放射虫硅质岩组成,与其它被肢解的泥盆纪、石炭纪、二叠纪灰岩块及其基质绿片岩构成蛇绿混杂岩带。以得荣徐麦、德钦吉义独一带蛇绿岩剖面保存较为完整,并发现有斜长花岗岩(莫宣学等,1993;须同瑞等,1995)^[18]。

金沙江-哀牢山洋盆形成于早石炭世至早二叠世早期,早二叠世晚期开始向西俯冲消减,分别形成朱巴龙-羊拉-东竹林洋内弧及其火山弧西侧的西渠河-雪压央口-吉义独-工农弧后盆地(洋壳基底),江达-德钦-维西陆缘火山弧及其火山弧西侧的昌都-兰坪-思茅弧后盆地(陆壳基底)的空间配置结构(王立全等,1999)^[35]。中三叠世金沙江-哀牢山洋盆闭合转入残留海盆,并发生弧-陆碰撞,形成江达-德钦-维西碰撞型火山弧及其西侧的昌都-兰坪-思茅弧后前陆盆地,上三叠统石钟山组磨拉石建造不整合盖在蛇绿混杂岩带上,可作为盆-山转换的标志。

14. 义敦晚三叠世岛弧(II₉)

义敦岛弧是甘孜-理塘洋盆向西俯冲消减作用的产物,是在具堑-垒系构造特征的薄陆壳上发展起来的岛弧(侯增谦等,1995)^[14],主要为晚三叠世的火山-沉积岩系和印支晚期-燕山期花岗岩基所占据。义敦岛弧带发育较完整的岛弧-盆地系,均以发育特征的火山-侵入杂岩组合为特征,外弧火山-侵入杂岩由第一亚旋回中性火山岩和与其相邻的中酸性深成岩-次火山岩构成,以安山岩和安山质火山碎屑岩为主体的外弧火山岩是晚三叠世卡尼期首次造弧活动的产物。岛弧裂谷盆地的火山-侵入杂岩由“双峰”式火山岩和与之共生的辉绿岩墙群构成,是继外弧火山-侵入杂岩之后的第二亚旋回火山活动的产物(晚三叠世卡尼中晚期)。内弧火山-侵入杂岩由第三亚旋回(晚三叠世诺利期)中酸性火山岩和与之共生的闪长岩-闪长玢岩及黑云母花岗岩-花岗岩斑岩构成,以英安岩-安山英安岩及其火山碎屑岩为主体的内弧火山岩。弧后扩张盆地中,为一套滨、浅海相碎屑岩-碳酸盐岩和高钾的“双峰”式火山岩组合。

15. 萨玛绥加日晚三叠世火山弧及北侧可可西里结合带(II₁₀)

可可西里消减带向东延伸,与金沙江-哀牢山结合带相接,该带蛇绿岩多被覆盖,相对集

中分布在萨玛绥加日、西金乌兰湖一带。在萨玛绥加日,已知岩体有石渣坡和玛尔盖茶卡基性岩,若拉岗日和岗盛日辉长岩及羊湖南辉绿岩。超基性岩主要有方辉橄榄岩、滑石菱镁岩,方辉橄榄岩的 m/f 值为12.2,属镁质超基性岩,为蛇绿岩型。在西金乌兰湖,出露有辉橄岩、辉长岩、堆晶辉长岩、辉绿岩、枕状玄武岩、块状玄武岩、苦橄岩、硅质岩,组成不完整蛇绿岩套,且多呈肢解的块体与灰岩、大理岩等块体混杂一起,构成混杂岩带。可可西里(金沙江)洋盆形成于早石炭世—早二叠世早期,早二叠世晚期开始向西俯冲消减,形成开心岭—杂多二叠纪岛弧—盆地系,既有孤立的碳酸盐台地,又有弧岛间的深水沉积物,空间上形成一岛链体分布的沉积构造格局。中晚三叠世可可西里(金沙江)洋盆闭合、弧—弧碰撞,在开心岭—杂多和萨玛绥加日一带,形成碰撞型火山弧,为碎屑岩和碰撞型中基性、中酸性弧火山岩组合,缺乏下三叠统。第三系为陆相红色碎屑岩,分布局限。

16. 甘孜—理塘结合带(II₁₁)

甘孜—理塘蛇绿岩带北起玉树歇武寺以西,向东经甘孜、理塘南下至三江口。该带蛇绿岩主要由洋脊型拉斑玄武岩、苦橄玄武岩、镁铁质与超镁铁质堆晶岩、辉长岩、辉绿岩墙、蛇纹岩(变质橄榄岩)及放射虫硅质岩等组成。它们呈被肢解的构造岩块与外来的奥陶纪至三叠纪灰岩块、其他沉积岩块体及复理石砂板岩、裂谷型碱性玄武岩等组成构造混杂岩带。甘孜—理塘蛇绿岩的形成时代为晚二叠世至早中三叠世,洋壳俯冲于晚三叠世中期,西侧形成较为典型的义敦岛弧—弧后盆地系的配套格局,闭合和充填消亡于晚三叠世末(莫宣学等, 1993; 刘增乾等, 1993)^[18, 39]。甘孜—理塘洋盆是在石炭纪较深水沉积的裂堑式深海盆基础上进一步扩张而成。

17. 雅江晚三叠世残余盆地(II₁₂)

雅江残余盆地位于西侧义敦岛弧和甘孜—理塘结合带与东侧康滇隆起之间,它是在二叠纪被动大陆边缘盆地沉积的基础上发展起来的,主要由上三叠统杂谷脑组、侏倭组、新都桥组、雅江组以及中统扎杂山组和下统菠茨沟组构成。上中三叠世,随着甘孜—理塘洋盆扩张形成,雅江盆地为被动边缘盆地沉积,为滨、浅海相碎屑岩—碳酸盐岩建造;晚三叠世,随着甘孜—理塘洋壳俯冲消减,洋盆闭合消亡,西侧形成义敦岛弧—盆地系,而东侧雅江盆地则在早期被动大陆边缘盆地的基础上,转变为残余盆地—残留海盆,形成了一套巨厚的浅海—次深海相的砂泥质复理石沉积,晚三叠世末期残余盆地充填消亡,白垩系为含煤和红色磨拉石建造。

18. 鲜水河混杂带(II₁₂²)

鲜水河混杂带呈北西向分布,相对集中分布于炉霍、道孚、乾宁一带,其间的三叠系浊积岩中见到由基性、超基性岩与枕状玄武岩共生的蛇绿岩(邓永福, 1984; 莫宣学等, 1993)^[18],在侏倭一带下二叠统中出现橄榄玄武岩、火山角砾岩及灰岩、砂板岩,下三叠统中见到砂板岩、硅质浊积岩(邢无享, 1988)。鲜水河混杂岩带形成时间与甘孜—理塘结合带一致,洋盆形成于早二叠世晚期至早中三叠世,消减闭合于晚三叠世中晚期。

19. 扬子西缘早古生代海岸山链边缘盆地(II₁₂³)

扬子陆块西部边缘中新元古代是一个活动边缘(1700~800Ma),边缘由南向北以大红山群、会理群、盐边群、峨边群、盐井群、碧口群为代表的火山弧,在晋宁期(1000Ma)形成具双层基底(结晶基底和褶皱基底)的陆块。早古生代扬子西缘边缘强烈沉降,在前震旦纪火山弧的基底上,发育了巨厚的沉积盖层,震旦纪—泥盆纪主要为浅海相的碳酸盐岩—碎屑岩

和深海相的砂泥质复理石沉积,震旦系—寒武系沉积厚度超过5000m,奥陶系超过3000m,志留系3000~4000m,泥盆系4000~5000m;自泥盆纪开始,中咱陆块随着甘孜-理塘洋盆的形成而从扬子陆块裂离出来形成独立的微陆块。晚古生代到中三叠世,扬子西缘发育碳酸盐缓坡和台地斜坡。晚三叠世中晚期洋盆闭合、充填消亡,在扬子陆块西部边缘形成边缘前陆盆地。

20. 巴颜喀拉晚古生代—中三叠世弧后盆地($T_2^2-T_3$ 为弧后前陆盆地)(II_1^4)

巴颜喀拉盆地位于扬子陆块、柴达木陆块、北方陆块及羌塘-昌都陆块之间,成为一倒三角形,盆地几乎全为三叠系复理石沉积(数千米至数千米)所覆盖。震旦系和早古生界为被动边缘,发育浅海相碎屑岩-碳酸盐岩和深海相复理石的沉积,晚古生代为弧后盆地,泥盆纪—石炭纪开始了碳酸盐缓坡、台地的发育,石炭纪—二叠纪开始发生巴颜喀拉盆地的弧后扩张,形成巴颜喀拉洋盆,中三叠世弧后洋盆向南、向北双向俯冲,盆地在不断收缩过程中,演化为残留的海洋,沉积一套陆源碎屑浊积岩。阿尼玛卿蛇绿岩带为扬子陆块与柴达木陆块间的洋壳消减的产物,甘孜-理塘蛇绿岩带为扬子陆块与羌塘-昌都陆块间的洋壳消减的产物。中三叠世晚期至晚三叠世(主体为晚三叠世)巴颜喀拉残留海因前陆隆起(泸州隆起)挠曲而迅速沉降,结束了饥饿盆地(残留海/洋盆, $T_1-T_2^1$)沉积状态,转入饱和充填的弧后前陆盆地阶段,充填了上万米厚的细碎屑浊积岩和复理石,晚三叠世末,前陆盆地充填消亡。

21. 西倾山晚古生代台地(II_1^2)

西倾山晚古生代台地向东可延伸至白龙江-西汉水,在白龙江-西汉水一带出露的最老地层为碧口群,其时代可与蓟县及青白口系相当(刘增乾等,1990),向上为与其呈不整合接触的与扬子地块相同的震旦系。在西倾山,原奥陶系白衣沟群中和酸性火山岩系中的英安质凝灰岩铷锶等时线年龄值为739Ma(李建林等,1986),可与扬子西缘的下震旦统相对比,志留系为浅海至次深海相次稳定型碎屑岩夹碳酸盐岩、硅质岩组合。上古生界不整合于志留系之上,基本为浅海相的稳定台型沉积,泥盆系为碳酸盐-碎屑岩组合,石炭系—二叠系以碳酸盐岩为主,三叠系分布在南北两侧,为浅海相的稳定台型的碎屑岩-碳酸盐组合,侏罗纪、白垩纪及第三纪发育小型陆相盆地沉积。

22. 共和三叠纪残余盆地(II_1^2)

共和盆地位于华北陆块(北侧),柴达木陆块(西侧)和扬子陆块(南侧)交接处的中央地带,加里东期拼合成为泛华夏陆块群的组成部分。在盆地西北部,二叠系碎屑岩-碳酸盐岩不整合于志留系之上。二叠纪(可能包括石炭纪)—三叠纪裂离形成洋盆,早三叠世时,共和盆地(洋盆)北侧为南祁连山具障壁的陆表浅海及青海橡皮山、青海湖南山-华北陆块南缘斜坡,西侧为柴达木南缘布尔汗布达-鄂拉山陆缘火山弧及弧前增生楔,南侧为扬子陆块西北缘台地-台缘斜坡。秦祁昆交接区中央地带的共和盆地为深水盆地,其标志在青海天峻县南山火车站三叠系地层中可见蛇绿混杂岩带。中晚三叠世时,由于巴颜喀拉洋盆地俯冲消减闭合,而演变为残留洋(残留海)的残余盆地,晚三叠世中晚期残余盆地充填消亡。

23. 阿尼玛卿洋内弧及玛积雪山混杂带(II_1^2)

阿尼玛卿洋内弧及玛积雪山混杂岩带东起玛沁,向西经玛积雪山、花石峡至布青山,蛇绿岩主要由超镁铁质岩、堆晶辉长岩、均质辉长岩、辉长辉绿岩墙、基性溶岩(枕状和块状)、放射虫硅质岩等组成,多呈构造岩块与其他类型岩石块体混杂在复理石砂板岩中。超镁铁岩在布青山、下大武、玛积雪山和玛沁地段较为发育,以斜辉辉石岩为主,次为纯橄岩、辉石

岩和少量二辉橄橄榄岩, $m/f=8\sim 11$, 属镁质超基性岩, 堆晶辉长岩主要见于玛积雪山的千里瓦里玛, 厚可达千余米。

在玛积雪山蛇绿岩混杂带内, 在下大武一带发育有玄武岩-安山岩-流纹岩组合的钙碱性洋内岛弧型火山岩。蛇绿岩形成于石炭纪—二叠纪, 岛弧火山岩则形成于早中三叠世, 玛积雪山蛇绿岩带为扬子陆块和柴达木陆块间巴颜喀拉洋盆向北俯冲消减作用的产物。

4.3 冈瓦纳北缘晚古生代—中生代西藏群岛弧-盆系地质(III)

1. 滇缅泰马微陆块(保山块)(III_a)

保山陆块位于昌宁-孟连对接带西侧, 震旦系—中下寒武统为较活动的沉积盖层, 为复理石砂板岩夹火山岩、硅质岩, 自晚寒武世以来一直处于稳定地块发展阶段。上寒武统至泥盆系为稳定地块型浅海相碎屑岩-碳酸盐岩沉积, 泥盆纪东部临近深水盆地; 石炭系上部出现含冰川漂砾的碎屑岩和冰水动物群(*Eurydesma*等), 并有玄武岩、安山玄武岩的喷溢。志留系与下伏奥陶系普遍为假整合接触, 石炭系缺失中统, 二叠系缺失下统, 中生界超覆不整合在下伏地层之上, 为一套碎屑岩夹中性、中酸性火山岩, 顶部出现红色磨拉石堆积。

保山陆块东侧昌宁-孟连对接带, 是一个被肢解的蛇绿岩套与洋岛型和大陆边缘裂谷型基性火山岩构成的蛇绿混杂岩带, 南延部分相当于因他暖蛇绿岩带。火山岩以拉斑玄武岩系列为主, 有石英拉斑玄武岩、橄橄榄拉斑玄武岩和含紫苏辉石岩的碱性玄武岩, 它们与变质橄橄榄岩(蛇纹岩)、变质堆晶岩(变质辉橄岩、橄辉岩)、变质辉绿岩墙及放射虫硅质岩相伴生。昌宁-孟连对接带作为东特提斯大洋的主体至少始于早古生代, 晚石炭世—二叠纪的临沧-景洪岛弧型钙碱性火山岩, 则是东特提斯洋向东俯冲消减作用的产物。

2. 冈底斯-伯舒拉岭-高黎贡山前锋弧(III_b)

冈瓦纳大陆北部边缘, 冈底斯-伯舒拉岭-高黎贡山前锋弧, 位于班公湖-怒江-碧土-昌宁-孟连对接带与雅鲁藏布江结合带之间, 聂荣隆起、嘉玉桥变质地体等是前锋弧的残块, 在此前峰弧的后面则是晚古生代—中生代西藏群岛。西段的念青唐古拉群(U-Pb年龄值为1250Ma)和东段前寒武系—下古生界的高黎贡山群、古琴群等变质岩系(Rb-Sr年龄值为1102~806Ma), 岩石类型主要为各类片岩、片麻岩、大理岩及混合岩。前锋弧上的岩浆活动很强, 除冈底斯外, 主要分布在波密-腾冲主弧带, 由燕山晚期和喜马拉雅期各种成因类型的花岗岩类和中性、中基性及少量中酸性火山岩组成。

3. 拉萨-波密-察隅中生代—新生代火山-岩浆弧(III_c)

拉萨-波密-察隅中生代—新生代火山-岩浆弧带, 是一条较为清晰的陆缘火山-岩浆弧带(莫宣学等, 1993; 潘桂棠等, 1997)^[18, 25], 火山活动表现得较强烈, 以钙碱性系列为主的玄武岩-安山岩-流纹岩及相应的火山碎屑岩组合, 其时代为晚侏罗世—晚白垩世, 可延伸到新生代, 与蛇绿岩定位时间吻合。这里的岩浆弧特别引人注目, 近东西展布的巨型花岗岩类岩基, 如墨竹工卡东侧麻扎拉岩体, 工布江达北侧的朱拉岩体, 曲水岩体以及郭喀拉日岩体等(I型或S型)侵位于该带中, 同位素年龄值于136~19.8Ma之间变化。

4. 嘉玉桥晚古生代变形变质单元(III_d)

嘉玉桥变质杂岩体的主体部分, 认为是冈瓦纳大陆的东北陆缘弧残块(富公勤等, 1982; 潘桂棠等, 1997)^[25], 主要为低绿片岩-绿片岩相大理岩、白云母石英片岩、变质砂岩和变基性火山岩, 嘉玉桥群的时代为晚古生代, 主要为石炭纪—二叠纪。

嘉玉桥晚古生代变形变质杂岩体的东侧为嘉玉桥-扎玉-碧土构造混杂带, 以嘉玉桥东侧

的努西拉卡最为发育,以石炭纪—二叠纪复理石砂板岩为基质,深水硅质岩、大洋拉斑玄武岩及超镁铁质岩为构造块体,以及碧土一带的蛇绿岩组成蛇绿混杂岩,硅质岩中的放射虫为石炭纪—二叠纪和石炭纪牙形刺。嘉玉桥-扎玉-碧土结合带向北与安多-丁青混杂岩带相连,向东南进入滇西即与昌宁-孟连结合带相通,东达山、临沧、景洪一带之上石炭统一—二叠统岛弧钙碱性火山岩的发育,与晚古生代特提斯洋向东俯冲作用有关。

5. 那曲侏罗纪弧后盆地(III_k)

那曲-沙丁盆地北侧以安多-丁青结合带南侧的聂荣残余弧和嘉玉桥残余弧为界,南以麦卡地-边坝-洛隆断裂带为界,出露地层有三叠系—第三系。三叠系为一套厚近万米的复理石砂板岩夹火山岩和硅质岩,北部比如-沙丁一带为半深海-深海浊积岩和硅质岩,南部洛隆-边坝一带为滨海-浅海碎屑岩,三叠纪由南往北,由滨海相→半深海相→深海相沉积;侏罗系灰色/灰黑色浊积岩为弧后盆地沉积;白垩系含煤碎屑岩的沉积代表盆地萎缩的残留海;第三系断陷盆地沉积。

6. 聂荣古生代变质变形单元(III_k)

聂荣变质杂岩的主体部分,认为是冈瓦纳大陆的东北陆缘弧残块(潘桂棠等,1997)^[23],主要为绿片岩-角闪岩相的花岗片麻岩、石英片岩、白云母片岩和石英角闪片岩,其中片麻岩的Rb-Sr同位素年龄值为590Ma,时代可能为古生代。

聂荣古生代变质杂岩体的北侧为安多-丁青结合带,西起安多,经丁青转向南至八宿以南一线,带内分布有安多、伦坡拉、丁青、八宿等一系列面状分布的超基性岩体群。该带蛇绿岩多已被构造肢解,构成不完整的蛇绿岩套,主要由变质橄榄岩、超基性-基性堆晶岩、枕状熔岩、硅质岩和放射虫硅质岩、席状岩墙群和块状辉长岩组成,蛇绿岩体构造侵位于三叠纪—中侏罗世地层中,其上为上侏罗统、下白垩统不整合覆盖,底砾岩中可见基性-超基性岩砾石。安多-丁青结合带向西与班公湖-东巧构造混杂岩带相连,向东南与嘉玉桥-扎玉-碧土结合带相通。

7. 申扎古生代台地(III_k)

申扎古生代台地介于北侧果芒错混杂岩带和南侧纳木湖混杂岩带之间,古生代地层出露较全,奥陶系、志留系至泥盆系为浅海相稳定型碎屑岩、碳酸盐岩组合,厚度较薄;石炭系、二叠系分布面积较大,浅海至次深海相过渡型碎屑岩组合,夹中基性火山岩及碳酸盐岩,具复理石特征,缺失上二叠统至侏罗系。古生界往往直接被含火山岩的白垩及第三系陆相红色碎屑岩超覆。

申扎古生代台地北侧果芒错混杂岩带,由甲岗、郎么嘎、俄且、压日玛果、扎巧等超基性岩体组成,构造侵位于古生界及中上侏罗统中,主要岩石有斜辉橄岩、斜辉橄榄岩、纯橄榄岩、纯橄岩及辉石岩,岩石的 $m/f=8.91\sim 10.71$,为弧后扩张盆地消亡的遗迹。

申扎古生代台地南侧纳木湖混杂岩带,该带大部分由被肢解的蛇绿岩组成,多构造侵位于早白垩世浅海相地层中,主要分布在洛岗、永珠、河日、安自日不扎、普强、尼昌等地,主要由变质橄榄岩、辉绿玢岩岩墙、枕状或块状基性火山岩和放射虫硅质岩、灰岩、砂岩等构造岩块组成,变质橄榄岩的 $m/f=8.21\sim 10.54$ 。该带向西与狮泉河蛇绿岩带对应,为弧间裂谷盆地扩张作用的遗迹。

8. 措勤-念青唐古拉早二叠世—中生代岛链(III_k)

该岛链是拉萨-波密火山-岩浆弧北侧石炭纪—二叠纪沉积带的西延部分,将北部的那曲

弧后盆地及申扎古生代台地与南部的拉萨盆地及冈底斯火山-岩浆弧分隔开。石炭系由北部变质的石英砂岩、板岩及泥质粉砂岩或南部的钙质石英砂岩、含砾砂岩及板岩组成,西端为碳酸盐岩-碎屑岩夹基性火山岩;下二叠统最下部砂岩、板岩夹含砾板岩,往上为深灰色变质砂岩、砂质板岩、含砾砂岩及安山岩夹安山质凝灰岩;上部为灰色/灰白色生物灰岩、块状生物礁灰岩夹灰绿色火山角砾凝灰岩,为边缘海海山环境;三叠纪时岛链带为隆起区,侏罗纪沉积在昂拉仁错、达雄和申扎南三个北西西向斜列的弧间盆地中,主要为碎屑岩夹凝灰质砂页岩及海相碳酸盐岩;白垩纪时,火山活动强烈,由一套陆相碎屑岩夹中基性火山岩及凝灰岩沉积物组成。该岛链的火山活动始自石炭纪,达到高潮,却在白垩纪,弧火山活动表现得强烈和明显。

9. 冈底斯白垩纪—古近纪火山-岩浆弧(III_b)

以上白垩统至始新统火山岩地层及花岗岩类大面积分布为特征。二叠系为碎屑岩、硅质岩夹碳酸盐岩组合,为陆缘斜坡至深水盆地环境;三叠系与侏罗系为碎屑岩、碳酸盐岩、火山岩组合,火山岩为玄武岩-安山岩-英安岩组合,为典型的钙碱性系列(刘增乾等,1990),为陆缘弧火山-沉积特点;下白垩统为浅海相碎屑岩夹碳酸盐岩;上白垩统至古近系始新统为中酸性火山岩、火山碎屑岩或火山岩、碎屑岩夹硅质岩组合,火山岩以安山岩、英安岩及流纹岩为主,均属钙碱性系列,并含大量的熔结凝灰岩,构成火山弧的主体;古近系渐新统至新近系中新统为粗碎屑岩组合,局部夹火山岩,属陆内断陷盆地沉积。

该带中出现巨大的复合中酸性岩带,岩体侵入最高层位为上白垩统,同位素年龄值为130~20Ma,属燕山晚期至喜马拉雅期,岩浆岩岩石类型较多,具有多阶段侵入特点。早期为规模不大的闪长岩、石英闪长岩及少量紫苏辉长岩等,中期形成复合岩基的主体,包括石英闪长岩、石英二长岩-石英闪长岩及花岗闪长岩-花岗岩三类组合,晚期以花岗岩为主,包括黑云母花岗岩、二云母花岗岩及少量花岗闪长岩等。本带火山岩与侵入岩的活动,反映了火山弧应是发育时间很长,内部结构复杂的多岛弧盆系的一个组成部分。

10. 空波岗白垩纪—第三纪火山-岩浆弧(III_c)

空波岗白垩纪火山-岩浆弧区出露的地层有下二叠统、侏罗系—白垩系及第三系。下二叠统最下部为砂岩、板岩夹含砾板岩,往上为深灰色变质砂岩、砂质板岩、含砾砂岩及安山岩夹安山质凝灰岩,上部为灰色/灰白色生物灰岩、块状生物礁灰岩夹灰绿色火山角砾岩、凝灰岩,火山-沉积层序组合和宏观展布特征显示了下二叠统为边缘海海山环境;三叠系—上二叠统缺失,侏罗纪为弧间盆地中的碎屑岩夹凝灰质砂页岩及海相碳酸盐岩沉积;白垩纪—第三纪,火山活动十分强烈,以白垩纪弧火山活动表现得最强烈和明显。

侵入岩浆活动为燕山晚期至喜马拉雅期,从早到晚由花岗闪长岩(少量)、二云母花岗岩-黑云母花岗岩组成。

11. 昂龙岗白垩纪—白垩纪岩浆弧(III_d)

夹持于北侧班公湖-东巧对接带与南侧狮泉河混杂岩带之间,并侵入于侏罗纪—白垩纪地层中的花岗岩岩基,岩基主要由花岗闪长岩、石英闪长岩、花岗岩构成,形成了一条较为清晰的岩浆弧(同位素年龄值为113~73.3Ma)。岩浆弧两侧的侏罗系(中上侏罗统)下部为一套典型的近源浊积岩(麻嘎藏布组),上部(益坡组)以浊积岩为主,向上灰岩增多,一套浊积砂岩体之上为滩礁生物灰岩,有的地段可见砂板岩中有基性火山岩夹层;下白垩统拉梅拉组,主要为杂色碎屑岩夹火山岩,革吉组为碎屑岩、灰岩和火山岩,早白垩世岩浆弧上不同地

段的岩性、岩相和沉积厚度变化很大,既有浅海相的生物礁灰岩(珊瑚礁、蛤圆笠虫礁和藻礁),也有次深海相的复理石砂板岩、放射虫硅质岩的深水盆地,反映了岩浆弧的海底地貌起伏变化大,总的趋势是从岩浆弧中轴分别向班公湖洋盆和狮泉河弧间洋盆变深的过程。岩浆弧南侧的狮泉河混杂岩带,该蛇绿岩带西起且坎,向东经拉梅拉、狮泉河北至古昌,多为被肢解的蛇绿岩断片,以狮泉河北的爬里弄砸弄剖面保存较好,自下而上为变质橄榄岩(包括方辉辉橄岩和方辉橄榄岩)、堆晶岩(单辉橄榄岩、二辉橄榄岩、层状辉长岩)和均质辉长岩席状岩墙群、枕状熔岩(玄武岩、细碧岩)及放射虫硅质岩。蛇绿岩多构造侵位于下白垩统中,为弧间洋盆消减作用的产物,该带向东可与纳木湖混杂岩带相对应。岩浆弧北侧班公湖-东巧对接带,西起班公湖,向东经洞错、东巧,与安多-丁青蛇绿岩带相连。在改则洞错、东巧、班公湖-康托-兹格塘错断裂带南侧有特征的蛇绿混杂岩,主要由变质橄榄岩、层状堆晶岩(由含长纯橄榄岩、橄榄岩、橄长岩、辉长岩组成)、辉长岩-辉绿岩墙群、枕状及块状玄武岩和放射虫硅质岩组成,蛇绿岩多构造侵位于侏罗系至下白垩统复理石砂板岩中。班公湖-怒江洋盆俯冲结束于晚侏罗世晚期(东部)至早白垩世晚期(西部)(刘增乾等,1990)^[37]。

介于冈瓦纳大陆与劳亚-华夏大陆间的班公湖-怒江-澜沧江洋作为东特提斯大洋的主体至少始于早古生代,具有双向俯冲的特点。东南段东达山、临沧、景洪一带之晚石炭世—晚二叠世岛弧钙碱性火山岩的发育,与特提斯大洋早期向东俯冲作用有关;中西段冈底斯带表现为石炭纪—二叠纪安山岩、英安岩、流纹岩等火山岩的发育,以及侏罗纪—白垩纪岩浆弧和弧后盆地的发育,与特提斯大洋向南俯冲作用有关;闭合方式有自东向西迁移之趋势。在昌宁-孟连带为二叠纪消亡;在八宿一带主体应在中三叠世处于萎缩消亡,表现为上三叠统不整合在下伏地层之上;在丁青一带主体应在早中侏罗世消减闭合,表现为上侏罗统不整合在蛇绿岩带之上;在洞错一带主体应在晚侏罗世晚期结束,表现为上白垩统不整合在蛇绿岩带之上;在班公湖一带主体应在早白垩世晚期消减闭合,表现为上白垩统不整合在蛇绿岩带之上。

12. 阿依拉日居晚古生代台地(III₂)

阿依拉日居晚古生代台地是分隔普兰和仲巴两个弧后盆地的裂离体,寒武系至志留系的过渡型浅变质碎屑岩、灰岩、硅质岩夹火山岩组合;泥盆系—二叠系至中三叠统为浅海台地稳定型碎屑岩-碳酸盐岩组合;侏罗系—白垩系主要分布于台地南、北两侧的弧后洋盆中,为次深海-深海相活动型碎屑岩、火山岩及蛇绿岩组成。

台地南侧普兰混杂岩带,分布于札达、东渡、拉昂错、休古嘎布、象泉河一带,“三位一体”蛇绿岩组合齐全,在与基性火山岩共生的硅质岩中发现有三叠纪放射虫,蛇绿岩构造侵位于三叠系至下白垩统复理石地层中。普兰-象泉河蛇绿混杂岩带反映了三叠纪至侏罗纪的弧后扩张和阿依拉日居台地的裂离,洋盆闭合于早白垩世末,晚白垩世到始新世可能与雅鲁藏布江带海域同步消亡。

台地北侧仲巴混杂岩带为雅鲁藏布江蛇绿混杂岩带的西延组成部分。

13. 拉轨岗日变质核杂岩带(III₃)

拉轨岗日变质核杂岩带位于定日-岗巴冲断带的北侧,为一列位于三叠系至白垩系砂泥质复理石和基性火山岩建造中的呈东西向排列的、以喜马拉雅期花岗岩为核部的穹隆体,如康马、嘎拉、拉龙拉日、拉轨岗日等变质核杂岩穹隆体。核杂岩体由前奥陶系的混合岩、片麻岩、片岩、变基性火山岩和已变质达蓝晶石-十字石片岩相的石炭系—二叠系组成,石炭系

一二叠系的原岩为含砾板岩、碎屑岩、碳酸盐岩和中基性火山岩组合,变质作用达中压变质相型。拉轨岗日变质核杂岩带的穹隆构造发育,岩浆活动核部淡色花岗岩的时代为30~15Ma,变质作用与喜马拉雅主中央断裂的冲断作用属一个构造期的产物(渐新世—中新世时期)。

14. 陆缘裂离增生楔(III₄)

雅鲁藏布江结合带南侧的陆缘裂离增生楔,为一套厚度达万米的砂泥质复理石建造和中基性火山岩建造,有典型海底喷发的枕状玄武岩,据复理石地层中含菊石和瓣鳃类等化石,时代为三叠纪、侏罗纪和早白垩世,为冈瓦纳大陆北缘被动大陆边缘裂陷盆地中的沉积。构造变形上,该带以一系列向南倒转,轴面北倾的不对称紧密同斜褶皱和北倾的轴面辟理发育为特点。

雅鲁藏布江蛇绿岩带,向西与印度河蛇绿岩带相接,向东经门土、仲巴、萨嘎、日喀则、仁布、曲松、朗县,在米林-墨脱呈向北突出的弧形急转弯后,折向南东经阿帕龙,南下缅甸西部接那加丘陵蛇绿岩带,再向南延进安达曼-尼科巴群岛。蛇绿岩多呈大小不等的构造岩块和逆冲岩片产出,可组合成完整的蛇绿岩剖面,底部为变质橄榄岩(纯橄岩-方辉辉橄岩-方辉橄岩-二辉橄岩组合),中部为堆晶岩(超基性堆晶岩→层状辉长岩垂直分异)、高位辉长岩和上部的席状岩墙群(早白垩世和晚侏罗世—早白垩世两套)及枕状、块状玄武岩和放射虫硅质岩。雅鲁藏布江洋盆初始扩张期为晚三叠世—早中侏罗世,洋盆形成于晚侏罗世—早白垩世,系特提斯大洋向南俯冲导致的弧后扩张洋盆。早白垩世末期—晚白垩世,洋壳向北俯冲消减闭合,始新世海域消亡。

15. 高喜马拉雅逆推带(III₅)

介于北侧定日-岗巴断裂带与南侧喜马拉雅主中央断裂带之间的高喜马拉雅逆推带,以古生界和中生界为主的分布区,东段寒武系与古老结晶变质岩系无明显界线,西段寒武系与古老结晶变质岩系呈明显的角度不整合;古生界至古近系基本为浅海相至次深海相稳定型至过渡型台地型碎屑岩、碳酸盐岩组合。从寒武系到始新世为海相连续沉积,总厚度超过一公里,局部地区其上被新近系陆相含煤碎屑岩不整合覆盖,该带以发育向北倾斜的单斜或复向斜为特征。该带古生界台型沉积与北侧中生界活动型沉积的分界断裂为定日-岗巴断裂带。

16. 低喜马拉雅逆推带(III₆)

以喜马拉雅主中央断裂带为北界,南侧以主边界断裂带与印度地盾前缘的恒河盆地为邻。前寒武系结晶变质岩系大面积出露,自下而上可划分为蓝晶石片岩-黑云母片麻岩-变粒岩-变质碳酸盐岩,具复理石韵律及递变层理,原岩为过渡型碎屑岩-碳酸盐岩建造,经历了中新元古代和喜马拉雅两期变质作用,喜马拉雅晚期出现退变质作用;该带以向南推覆的低角度逆掩断层发育为特征,形成规模巨大的推覆构造;古生界及少量中生界分别超覆在前寒武系结晶变质岩系之上,为浅变质的砂板岩、石英岩、灰岩。始新世到渐新世的海相灰岩零星出露,石炭纪—二叠纪出现冈瓦纳相陆相间夹海相层沉积,既有大陆冰川活动又有暗色火山岩建造的喷发活动。

17. 缅甸中央低地火山弧(III₇)

火山弧上出露的最老地层为前寒武系—寒武系片麻岩、片岩、石英岩、大理岩等变质岩-结晶变质岩系;白垩系较少,为碎屑岩和火山岩;新近系至第四系大面积分布,新近系为碎屑

岩、泥灰岩和火山岩;第四系为冲、洪积相碎屑岩。在火山弧东侧(东部)分布有大量的超基性岩体群、辉长岩体群及花岗岩类侵入体。

18. 那加-阿拉干弧前增生楔(III₈)

弧前增生楔中卷入的最老地层为前寒武系一寒武系片麻岩、片岩、石英岩、大理岩等变质岩-结晶变质岩系;三叠系、白垩系为厚度较大的砂泥质复理石和中基性火山岩建造;第三系为碎屑岩、泥灰岩和火山岩组合;第四系为冲、洪积相碎屑岩。在增生楔东西侧分布有大量的超基性岩体群、辉长岩体群的构造侵位及花岗岩类侵入体。

5 讨论

5.1 特提斯洋的演化阶段

特提斯大洋从发生、发展到萎缩、消亡是一个连续的大洋岩石圈演化过程,它作为三大陆块群之间的大洋,其扩展裂变在不同地域有时序上的先后和方式上的差异,许多事实表明其构造穿时性特性,所以只能大体上划分为三个阶段:

原特提斯阶段(Z-S) 主要表现为泛华夏大陆群与劳亚大陆群的离散,古亚洲洋形成,以及劳亚大陆群与冈瓦纳大陆群的分裂,特提斯洋的扩张。泛华夏大陆群与冈瓦纳大陆群联而不合。

古特提斯阶段(D-T₂) 主要表现为泛华夏大陆群与劳亚大陆的汇聚,古特提斯洋从扩展到萎缩。劳亚大陆群与冈瓦纳大陆群联而不合。

特提斯阶段(T₃-E₂) 主要表现为泛华夏大陆群与冈瓦纳大陆群的分裂碎块(印-澳板块)的汇聚,特提斯大洋岩石圈转化为大陆岩石圈,并进入陆内碰撞造山作用发展时期。重组后的三大陆块群间产生强烈陆内汇聚。

5.2 大洋消亡的碰撞模式

在特提斯洋的各个演化阶段的某一区域所出现的弧盆系统,则标志着这一区域的大洋岩石圈已走向萎缩、消亡的开端。其汇聚碰撞不一定是原始相邻两大陆分裂后的重新结合,而可能为第三者加入的运动学方式。正如北美洲与东亚的分裂、扩展形成太平洋,而太平洋的消亡是以澳大利亚陆块的离极向北运动与华夏大陆碰撞来实现,只不过现在刚刚开始斜向汇聚,汇聚碰撞将会持续上亿年。

大陆斜向汇聚碰撞作用在特提斯构造域是大洋岩石圈向大陆岩石圈体制转换的一种运动学和动力学方式。以泛华夏大陆群的扬子陆块为例,在增生作用之前,首先是以印度、保山、昌都及中咱微陆块与其相邻的岛弧发生弧-弧碰撞、弧-陆碰撞焊接成一复合体系。然后与自东南向西北斜向楔入的扬子大陆发生汇聚碰撞,扬子大陆先与东南侧的哀牢山带开始斜向碰撞造山(T₃),而西北段的川西地区则发育弧盆系统(T₃)。同时,扬子陆块北缘从西秦岭向西在昆南、可可西里则表现为从中三叠世至晚三叠世的斜向连续碰撞过程。也就是说,扬子陆块的向西运动,才最终全面关闭了古特提斯洋的弧盆系统。

5.3 关于特提斯大洋规模

近10年来,根据特提斯构造域内部山带的现存长度和宽度,经构造变形测量,或地球化学分析数据示踪,推断恢复已闭合消失的古洋盆的大小,金沙江洋盆1800多公里,理塘洋盆476km公里(莫宣学等,1993)^[18]。但是这些都仅仅是一些小洋盆,或边缘海盆地。如果我们从全球大洋岩石圈形成演化的角度来考虑,特提斯古大洋是显生宙全球洋-陆转换演化历史

链条的一个环节。特提斯洋存在的时期,还没有太平洋。太平洋的张开和形成演化过程,正是特提斯洋不断闭合、消亡的过程。也就是说中生代末消亡闭合的特提斯大洋,其原始规模应具有现今太平洋这样大的规模。冈瓦纳大陆群的研究表明,中生代初印度陆块属冈瓦纳的一部分,自白垩纪开始分裂向北推进,现今印度与南极之间的距离达9000km以上,从相对运动论看,亚洲大陆南移的幅度既能补偿北冰洋扩张,也可以补偿印度与亚洲碰撞而发生的陆壳缩短幅度。那么消失的特提斯大洋在南北方向的宽度,不应小于9000km(盖保民,1991)^[34]。

5.4 洋-陆岩石圈构造体制的转化

人们普遍认识到,不仅大陆在漂移,海底也在漂移。海陆变迁主要是大洋岩石圈板块与大陆岩石圈板块之间相互裂变、聚变作用的结果。一个大洋盆通过弧盆系萎缩、碰撞,参与了大陆造山作用的全过程,最终转化为大陆岩石圈的一部分。从特提斯地质特征来看,在特提斯洋消减过程中产生于泛华夏大陆群西部边缘的一系列边缘海盆地、多岛弧盆系统及其之上的沉积物和其它岩石组合,在晚古生代以来连续被卷入造山作用中,最终成为泛华夏大陆的一个不断新生的组成部分,特提斯大洋岩石圈,自北东向南西所形成的岛弧造山带,转化为特提斯构造域大规模的大陆岩石圈水平构造运动过程中,古老的边缘海盆萎缩、封闭造山,同时与相邻地区新的边缘海盆地的海底扩张相伴;泛华夏大陆群边缘不断地被各种动力地质作用所侵蚀消减,同时新的岛弧造山作用不断拼合增生。特提斯造山带的物质来源,主体并不是其邻接大陆岩石圈本身,而是由特提斯大洋岩石圈及其相关的活动边缘岛弧和海底沉积物所提供。同样比照现今东亚东部边缘岛弧-边缘海盆地形成,显然是太平洋岩石圈板块对东亚大陆地构造侵袭,并不断向西推进的结果,其最终还是以西太平洋岛弧造山带的形成,并嵌接在东亚大陆之中,以东亚大陆获得增生而告结束。特提斯洋演化的过去,可与太平洋的演化相对照,特提斯构造域的古构造、古地理与东亚-印度尼西亚弧盆系如此之相似,在全球岩石圈演化中不是偶然。

参考文献:

- [1] 中国地质科学院成都地质矿产研究所. 青藏高原及邻区地质图(1:150万)[Z]. 北京:地质出版社,1998.
- [2] 中-英青藏高原综合地质考察队. 青藏高原地质演化[M]. 北京:科学出版社,1990.
- [3] 中国地质科学院地质研究所译. 特提斯构造地质学[A]. 26届国际地质大会论文选译[C]. 北京:地质出版社,1983.
- [4] 王义昭. 云南特提斯构造特征及有关问题认识[A]. 成都地质矿产研究所. 中国西部特提斯构造演化及成矿作用学术讨论会文集[C]. 成都:电子科技大学出版社,1991. 1-2.
- [5] 王荃,等. 中国华夏与安加拉古陆间的板块构造[M]. 北京:北京大学出版社,1993.
- [6] 肖序常,李廷栋,等. 喜马拉雅岩石圈构造演化(总论)[M]. 北京:地质出版社,1988.
- [7] 肖序常,汤耀庆. 古中亚复合巨型缝合带南缘构造演化[M]. 北京:北京科学技术出版社,1991.
- [8] 余光明,王成善. 西藏特提斯沉积地质[M]. 北京:地质出版社,1990.
- [9] 周详,曹佑功,等. 论西藏特提斯构造演化[A]. 成都地质矿产研究所. 中国西部特提斯构造演化及成矿作用学术讨论会文集[C]. 成都:电子科技大学出版社,1991. 21-22.
- [10] 罗建宁,张正贵,等. 三江特提斯沉积地质与成矿[M]. 北京:地质出版社,1992.
- [11] 陈智梁,陈世瑜. 扬子地块西缘地质构造演化[M]. 重庆:重庆出版社,1987.
- [12] 钟大赉,等. 滇川西部古特提斯造山带[M]. 北京:科学出版社,1998.
- [13] 郑海翔,潘桂章,等. 怒江构造带超基性岩新知—一个完整的蛇绿岩套的确定[A]. 青藏高原地质文集编委会. 青藏

- 高原地质文集[C] .北京:地质出版社, 1983. (13): 191—196.
- [14] 侯增谦, 侯立玮, 叶庆同, 等. 三江地区义敦岛弧构造-岩浆演化与火山成因块状硫化物矿床[M] .北京:地震出版社, 1995.
- [15] 张长华, 马天林, 等. 青藏高原的构造体系特征与高原的形成演化[M] .北京:地质出版社, 1990.
- [16] 张旗, 张魁武, 李达周. 横断山区镁铁-超镁铁岩[M] .北京:科学出版社, 1992.
- [17] 胡享生, 莫宣学, 范例. 西藏江达古沟-弧-盆体系的火山岩石学与地质学标志[A] .青藏高原地质文集编委会. 青藏高原地质文集[C] .北京:地质出版社, 1990. (20): 1—15.
- [18] 莫宣学, 等. 三江特提斯火山作用与成矿[M] .北京:地质出版社, 1993.
- [19] 郝子文, 俞如龙. 论昆仑-巴颜喀拉海及其与特提斯洋演化关系[A] .青藏高原地质文集编委会. 青藏高原地质文集[C] .北京:地质出版社, 1983. (12): 25—4.
- [20] 夏林圻, 夏祖春, 任有祥, 等. 祁连山及邻区火山作用与成矿[M] .北京:地震出版社, 1998.
- [21] 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.
- [22] 潘桂棠, 等. 初论班公湖-怒江结合带[A] .青藏高原地质文集编委会. 青藏高原地质文集[C] .北京:地质出版社, 1982. (12): 229—242.
- [23] 潘桂棠, 王培生, 等. 青藏高原新生代构造演化[M] .北京:地质出版社, 1990.
- [24] 潘桂棠, 刘增乾, 等. 特提斯构造基本特征—兼论源自软基底大陆解体、消减和重组的特提斯造山带[A] .成都地质矿产研究所. 中国西部特提斯构造演化及成矿作用学术讨论会文集[C] .成都:电子科技大学出版社, 1991. 30—31.
- [25] 潘桂棠, 等. 东特提斯地质构造形成演化[M] .北京:地质出版社, 1997.
- [26] 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.
- [27] 青海省地质矿产局. 青海省区域地质志[M] .北京:地质出版社, 1991.
- [28] 云南省地质矿产局. 云南省区域地质志[M] .北京:地质出版社, 1990.
- [29] HSU K J, PAN GUITANG and SENGOR A M C. Tectonic evolution of the Tibetan Plateau: A working hypothesis based on the archipelago model of orogenesis [J] . International Geology Review, 1995, 37(6): 473—508.
- [30] 盖保民. 地球演化(1, 2卷)[M] .北京:中国科学技术出版社, 1991.
- [31] 夏林圻, 夏祖春, 等. 祁连秦岭山系海相火山岩[M] .武汉:中国地质大学出版社, 1991.
- [32] 冯益民, 等. 北祁连山中段早中奥陶世蛇绿岩中带状岩墙杂岩的发现及其地质意义[J] .地质论评, 1994, 40(3): 252—264.
- [33] 范承钧. 三江褶皱系的印支期构造运动—澜沧江运动[A] .青藏高原地质文集编委会. 青藏高原地质文集[C] .北京:地质出版社, 1983. (12): 1—10.
- [34] 李兴振, 等. 西南三江地区特提斯构造演化与成矿(总论)[M] .北京:地质出版社, 1999.
- [35] 王立全, 等. 金沙江弧-盆系时空结构及地史演化[J] .地质学报, 1999, 73(3): 206—218.
- [36] 刘增乾, 等. 三江地区构造岩浆带的划分与矿产分布规律[M] .北京:地质出版社, 1993.
- [37] 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.