

两广云开大山—十万大山地区盆山耦合构造演化 ——兼论华南若干区域构造问题

丘元禧¹, 梁新权²

QIU Yuan-xi¹, LIANG Xin-quan²

1. 中山大学地球科学系, 广东 广州 510275; 2. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640

1. *Department of Geosciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275, Guangdong, China;*

2. *Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, Guangdong, China*

摘要:云开大山自泛华夏造山作用以来就成为褶皱带和相对隆起区, 现今的十万大山及其前身则同时成为前缘凹陷或前陆盆地, 它们共同组成了一个盆山耦合系统。整个盆山耦合系统的构造演化可划分为如下阶段: 早古生代造山事件第一幕(郁南运动)形成云开复式背斜带, 古博白前缘凹陷形成于其东南侧。第二幕(北流运动)使云开复式背斜向西北推进, 前陆盆地亦向西北侧迁移。第三幕(广西运动)使云开大山继续褶皱隆起, 早印支运动(东吴运动)使钦防海槽褶皱成山, 并在其北西侧形成前陆盆地。晚印支运动, 广西大容山地区褶皱隆起, 此时的前陆盆地已迁移至现今十万大山的东南边缘, 奠定了十万大山盆地现今构造轮廓的基础。进入燕山期, 随着桂东南逆冲推覆构造前缘不断地向NW方向扩展, 侏罗纪—白垩纪时期的前陆盆地也不断地向NW方向迁移。进入新生代喜马拉雅期, 本区的构造格局发生了重大变革, 即由原来的NW—SE向挤压构造应力场变为NE—SW挤压构造应力场。

关键词:华南; 云开大山—十万大山地区; 盆山耦合; 泛华夏造山作用; 印支造山作用; 喜马拉雅造山作用

中图分类号: P54

文献标识码: A

文章编号: 1671-2552(2006)03-0340-08

Qiu Y X, Liang X Q. Evolution of basin-range coupling in the Yunkai Dashan-Shiwan Dashan area, Guangdong and Guangxi; with a discussion of several tectonic problems of South China. *Geological Bulletin of China*, 2006, 25(3): 340-347

Abstract: The Yunkai Dashan (Dashan means Great Mountains in Chinese) area has become a fold belt or a relative uplift since the pan-Cathaysian orogeny, and meanwhile the present Shiwan Dashan area and its predecessor have become a front depression or a foreland basin. They combine to form a basin-range coupling system. The tectonic evolution of the whole basin-range system may fall into the following stages: the first phase (Yunan movement) of the Early Paleozoic orogenic event gave rise to the Yunkai anticlinorium, with the paleo-Bobai front depression formed at its southeast side; the second phase (Beiliu movement) resulted in northwestward advance of the Yunkai anticlinorium and the foreland basin also migrated toward the northwest side; and the third phase (Guangxi movement) caused the Yunkai Dashan area to continue folding and uplift and the early Indosinian movement (Dongwu movement) led the Qinfang sea trough to be folded into a mountain, with a foreland formed at its northwest side. In the late Indosinian movement the Darongshan area was folded and uplifted and then the foreland had migrated to the southeast margin of the present Shiwan Dashan area, thus laying a foundation of the present tectonic framework of the Shiwan Dashan basin. In the Yanshanian period, with continuous NW-directed propagation of the front of the southeastern Guangxi thrust nappe structure, the Jurassic-Cretaceous foreland basin also migrated continuously in a NW direction. In the Cenozoic Himalayan period, great changes took place in the tectonic framework in the study area, i.e. the original NW-SE compressional stress field changed into a NE-SW one.

Key words: South China; Yunkai Dashan-Shiwan Dashan area; basin-range coupling; pan-Cathaysian orogeny; Indosinian orogeny; Himalayan orogeny

收稿日期: 2005-03-10; 修订日期: 2005-08-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号40272092)研究成果。

作者简介: 丘元禧(1932-), 男, 教授, 从事区域构造研究。

云开大山位于两广交界地带,十万大山位于桂南,在现今地貌格局上,两者均为山地,但在地质历史上,云开大山自中生代中晚期以来就以隆起剥蚀为主,而十万大山自中生代以来则是一个继承性和迁移性的复合盆地。长期以来,云开大山就是十万大山盆地的主要沉积物源区,云开大山的构造隆升与十万大山地区的构造沉降可谓是一对孪生兄弟,只有把它们的构造演化过程联系起来研究,才能有一个合理的理解。

云开大山自20世纪60年代以来,国内众多学者先后对其区域地质等诸多方面作了系统研究,如莫柱孙、潘维组、游振东、符力奋等对花岗岩和变质基底的研究^[1-5];南颐、赵汝璇等对区域地层的划分与研究^[6,7];彭少梅、丘元禧、袁正新等对区域构造(重点是推覆构造)的研究^[8-15];叶伯丹、张志兰、简平、邵建国、彭松柏、庄文明、彭少梅等关于同位素测年的研究^[14-23];覃幕陶、凌井生等对成矿作用的研究^[24,25]等。

十万大山地区是桂西南最大的沉积盆地,广西石油地质勘探局等单位曾长期在这里从事地质勘探,查明了盆地的区域地质,特别是沉积发育历史。广西壮族自治区地质矿产局所编《广西壮族自治区区域地质志》对其区域地层、岩石、构造活动作了全面记录和综述^[26]。近年来国内许多学者关于十万大山及其邻区的沉积、构造、岩浆活动的研究已先后发表了一系列学术论

文,诸如:有关钦防海槽的深水沉积^[27,28]、岛弧岩浆活动^[29]、十万大山前陆冲断推覆构造和盆地构造特征^[30,31]、盆地迁移与沉积构造转换^[32,33]、大容山岩体定年^[34],以及吴浩若等^[35]近期在论述志留纪以来云开地块的地质演化时,探讨了与其相邻的钦防海槽及古南海在区域上的延伸和发展。

前人上述的研究为这2个地区的对比研究创造了条件,但也存在不足,主要有2点:①多数论著对这2个地区缺乏联系性的对比研究;②对十万大山的成盆机制只强调挤压机制,而对伸展机制却未给予应有的关注。

盆山耦合过程涉及华南若干区域构造问题,并且具有大地构造比较学的意义,因此本文一并述及。

1 区域大地构造位置和区域地质背景

见图1。云开大山是武夷—云开加里东褶皱带的重要组成部分。地层发育除古生界和中新生界外,尚有前寒武系。迄今为止,获得公认的最古老的地层单位是云开群,为一套巨厚的浅海相类复理石碎屑岩建造,最厚可达6000 m,以深变质岩夹基性火山岩及变质磷、铁矿床为特征,时代初定为震旦纪,以后南颐等^①根据所发现的微古植物化石,将其下亚群定为青白口系,中上亚群定为震旦系。云开群下亚群以

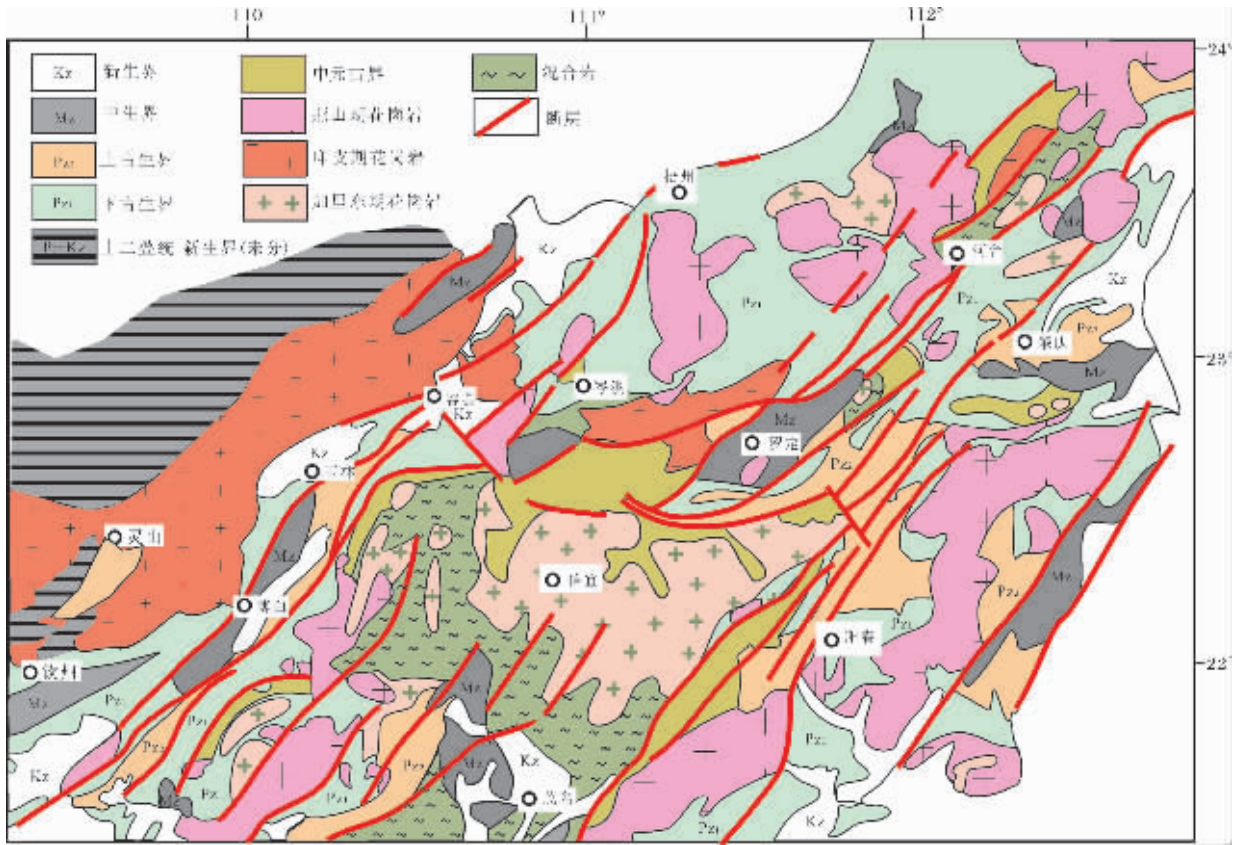


图1 云开大山—十万大山地区地质构造略图

Fig.1 Geological sketch map of the Yunkai Dashan—Shiwan Dashan area

① 广东省地矿局区域地质调查大队.1:5万思贺—合水幅区测报告.1987.

石英片岩、变粒岩为主,夹石英云母片岩等;中亚群以夹基性火山岩、碳酸盐岩为特征,赋存铁、磷矿层;上亚群变质较浅,以夹条带状石英岩为特征。云开群虽经深变质及混合岩化作用,但层序上经历的3个海侵至海退序列仍可辨认^[2]。近年来,对原定为加里东期的花岗岩进行测年,分别获得 $1414\text{ Ma}\pm 68\text{ Ma}$ 和 $1388\text{ Ma}\pm 90\text{ Ma}$ 的Sm-Nd全岩和Pb/Pb全岩等时线年龄^[20],表明云开大山的构造演化历史可向前追溯至中元古代。云开变质地块存在着双变质基底:下部基底属深变质基底,上部基底属较浅变质基底^[4]。早古生代时期云开地区是华南加里东地槽的重要组成部分,在该冒地槽中沉积了寒武系—奥陶系和下中志留统厚逾万米的陆源碎屑泥砂质类复理石建造。在加里东地槽褶皱系区域变质基底上角度不整合地覆盖着中泥盆世以来的上古生界。上古生界—下中生界为一套含有特提斯域和太平洋域古生物化石群的滨海相、浅海相地层,亦构成了几个海侵和海退层序;与下古生界不同,其岩性以海相碳酸盐岩和滨海相含煤岩系为主,厚度仅上千米,为典型的地台型未变质沉积盖层。中生界最下部为陆相小云雾山组(T_3-J_1)角砾碎屑岩,角度不整合于古生界之上,发育于云开大山东侧吴川—四会断裂带之中,属典型的断陷沉积^[2]。中上侏罗统基本缺失,但据丘元禧等^[20]野外现场考察,在罗定盆地白垩系罗定群底部红色地层中经常见有粗大的酸性火山岩砾石,表明云开大山地区和东南沿海一样,有过晚侏罗世—早白垩世的火山喷发。进入新生代,古近系在云开大山基本缺失,仅在其东侧茂名盆地有所分布,在吴川—四会断陷中亦有新近系沉积,表明云开大山自中生代以来长期处于隆升剥蚀之中。

与云开大山相反,十万大山及其东南侧邻区则长期处于相对负向的沉积地区。桂东南(钦防海槽以东南)的区域地质研究表明,自早古生代以来,这里除沉积了巨厚的下古生界冒地槽碎屑岩建造外,在钦州—防城地区则有志留纪、泥盆纪的深水泥硅质岩海相沉积,并一直持续沉积至晚古生代二叠纪和中生代早中三叠世,为一套浅海半深海碳酸盐和泥质、硅质沉积。该套地层含有丰富的放射虫化石^[27,28]。在岑溪一带二叠纪时尚有岛弧型玄武岩流的喷溢^[29],上三叠统与之呈角度不整合。上三叠统至下侏罗统在钦防—十万大山盆地为一套海湾—浅海沉积,其上的中上侏罗统碎屑岩沉积厚度逾2450 m,白垩系与侏罗系亦呈角度不整合覆盖,其总厚度在十万大山逾3000 m。就桂东南而言,白垩系分布面积较广。十万大山盆地古近系为山麓—洪积相及河流相、湖泊相的红色沉积。始新世至渐新世,桂东南沿NE向断陷盆地沉积了含煤及油页岩碎屑岩建造,上思盆地上部地层往往超覆在侏罗系之上,始新世至更新世,宁明—上思、南宁、博白、合浦等地

与海相通,十万大山等地成为海陆过渡性盆地^[29]。

桂东南上述地质特征反映长期以来NE向构造起主导作用。NE向构造在本区古生代时就已存在,当时它是纬向构造的一组配套构造,进入中生代印支期是华夏方向构造的主压面,一直持续至燕山期,喜马拉雅期转化为右行张扭性断陷,控制白垩系和第三系沉积。该构造不仅控制了地层沉积建造和岩相古地理,而且控制了岩浆活动(加里东期花岗岩浆活动、印支期大容山等花岗岩浆活动和印支期、燕山期火山喷发活动)。其中印支期大容山花岗岩带的形成与展布占有重要位置。大容山岩体主要以粗粒斑状堇青石黑云母花岗岩为主,浦北岩体由堇青石黑云母花岗岩组成,旧州岩体为堇青石黑云母二长花岗岩,台马岩体由紫苏辉石霏细斑岩、长石石英斑岩、珍珠岩和火山碎屑岩组成。3个岩体测年结果分别为 $233\text{ Ma}\pm 5\text{ Ma}$ 、 $230\text{ Ma}\pm 4\text{ Ma}$ 、 $236\text{ Ma}\pm 4\text{ Ma}$ (SHRIMP法)。岩石地球化学特征表明,这些岩体是由源区的砂质岩夹少量泥质岩经重熔而成的花岗岩浆冷凝形成的^[30]。

上述云开大山和十万大山地区的区域地质背景与它们所处的区域大地构造位置密切相关,如其西侧为川滇地带及印支半岛,属特提斯构造带的东延部分,其东侧为中国东南沿海古太平洋构造域。云开大山—十万大山地区正处于2个构造域的交接复合地带,它的许多区域地质特征(诸如区域构造线的走向从NE向转成NW向,南岭地区的EW向构造,古太平洋域—特提斯域的地层古生物、岩浆活动,以及特提斯域的早印支运动和特提斯—古太平洋域的晚印支运动^①等)都与其所处的这一大地构造位置有关。

2 盆山耦合构造演化

盆山耦合可以表现在许多方面,诸如山脉的隆升剥蚀幅度和相匹配的沉积盆地的沉降幅度、沉积物的厚度、沉积相的纵横向变化、沉积物的物质来源等方面。

以下重点从十万大山沉积物源和盆山构造的历史演变2个方面来解析云开大山—十万大山的盆山耦合。

2.1 十万大山的沉积物物源与盆山耦合

十万大山沉积物的物源解析首先要从古地理格局方面作出判断。北西侧的扬子地块自早古生代至中生代中三叠世长期处于水下,多属碳酸盐台地或泥硅质沉积,因而不可能是十万大山盆地碎屑沉积物之来源区;十万大山及其东南侧之邻区沉积物的主要来源区应为云开大山和华夏古陆。随着云开大山的不断隆升剥蚀,十万大山盆地自晚古生代以来,尤其是中生代长期接受沉积,其盆山耦合的过程均可在沉积物的来源、厚度、岩相古地理方面得到反映。

在本次研究中,在十万大山东南边缘的上二叠统(P_2)层

① 以前中国学者将发生于晚古生代的构造运动称海西运动(沿用西欧海西运动的定义),将发生于晚三叠世—早侏罗世的运动称为印支运动(沿用东南亚印支运动的定义)。现在国际上(Cortier A, et al. Understanding Mesozoic accretion in southeast Asia: Significance of Triassic thermotectonism (Indosinian orogen) in Vietnam. *Geology*, 2001, 29: 211–214)把发生于印支半岛及中国华南地区的晚古生代—早中生代的运动统称印支运动,但晚古生代造山运动在中国只发生于特提斯域,笔者称其为早印支运动。

位中采样做沉积物测年,取得了以下成果^①。测年和其他测试样品采自十万大山盆地南缘钦州彭久地区的上二叠统底部下组和大垌—那蒙地区上二叠统中上部(野外编号分别为02PJ03和02DL05)。在彭久地区,上二叠统底部角度不整合在上泥盆统硅质岩之上,上二叠统底部下组(P_{2-1})主要由泥岩、砂岩、砾岩组成,属滨海浅滩相沉积,所采样品02PJ03为岩屑砂岩,镜下观察,砂岩中大多数碎屑呈尖棱角状,磨圆度较低,表明为近距离物源。在大垌—那蒙地区,出露的是上二叠统中上部层位(P_2^3 和 P_2^4),与下三叠统呈平行不整合接触,上二叠统上部(P_2^1)主要为泥质粉砂岩,上二叠统中上部(P_2^2)为含砾砂岩和砂岩,所采样品02DL05砂岩中石英既有圆形和椭圆形,又有尖棱角状,表明既有远程物源,又有近程物源。样品中的锆石既有岩浆成因的又有沉积碎屑成因的。碎屑成因的锆石磨圆度不一,既有远源的也有近源的。

2.2 云开大山—十万大山地区盆山耦合的历史演变

见图2。在晋宁期(800 Ma前后)云开大山经历过一次伸展运动。晋宁期云开群富含基性岩脉、基性火山岩(原岩)和长英质岩石,如现今出露于云开大山的云开群中下部相当于深层剪切带下部的条带状深熔混合岩、片麻状深熔眼球状花岗岩、眼球状花岗岩、钾长球斑花岗岩(获岩浆结晶单颗粒锆石Pb-Pb同位素年龄811~1319 Ma^[23]),其中8亿年左右的花岗岩是这一伸展期的岩石记录。这一伸展过程(作用)在华南广泛存在,在扬子地块与华夏地块之间形成了板溪洋^[36],在国际上它相当于Rodinia超级大陆形成后新元古代时期的大陆裂解事件^[37]。晋宁造山运动在中国江南雪峰山地区发生了弧陆碰撞拼贴,形成了江南古岛弧^[36],但在扬子地块与华夏古陆之间仍存在裂陷槽。

(1) 早古生代时期——泛华夏造山作用^②

板块构造学者把板块未缝合的盆地称为残洋盆地,但华南武夷云开地槽至今未发现可以确定的早古生代时期的洋壳,任纪舜等^[38]称其为陆内裂陷槽。这一海槽的主体关闭时便形成了早古生代褶皱带,这就是武夷—云开早古生代晚期褶皱隆起(图2-a)。

如果审视云开大山—十万大山的沉积构造演化历史,就

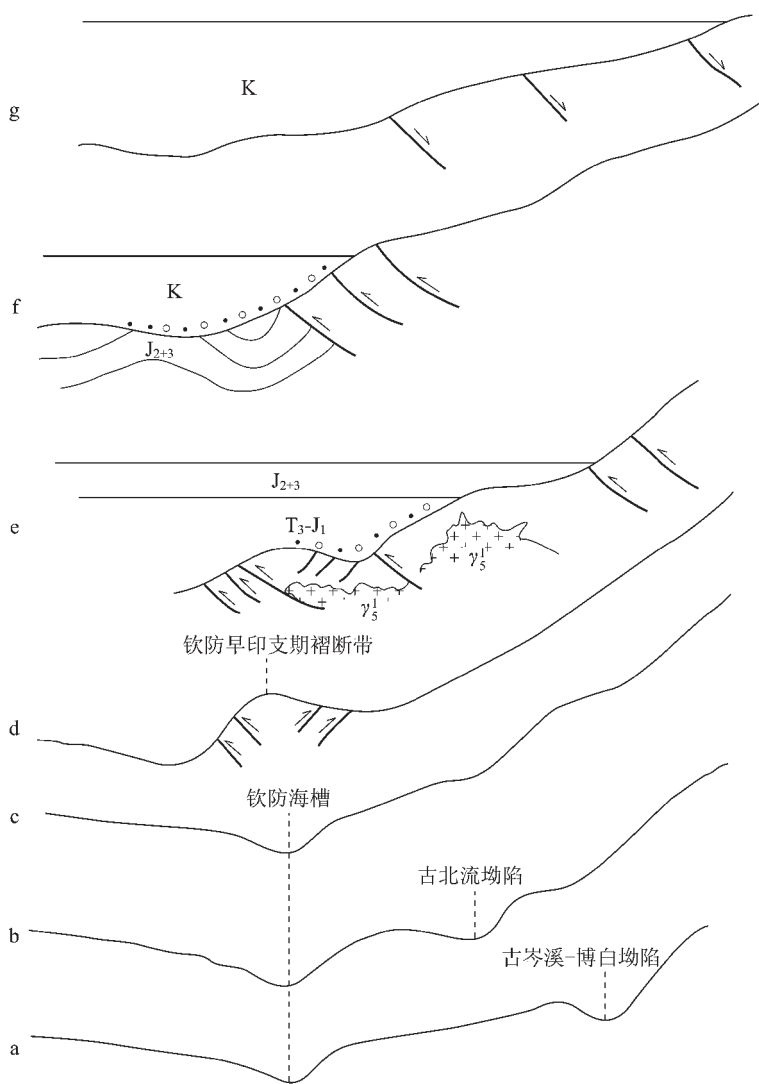


图2 云开大山—十万大山地区盆山耦合构造演化示意剖面
(自下而上自古至新)

Fig.2 Tectonic evolution of basin-range coupling of the Yunkai Dashan-Shiwan Dashan area

会发现云开隆起从寒武纪末期已开始——这就是莫柱孙等^[3]确定的郁南运动。在粤西郁南一带近3000 m厚的奥陶系砂质岩平行不整合于上寒武统之上。在桂东南下奥陶统由陆源碎屑长石石英砂岩、砂页岩及含砾砂岩等组成,在北流隆盛、博白旺茂一带厚达3064~4892 m。据莫柱孙等^[3]报道,在砂砾岩中含有众多的花岗岩砾石和长石碎屑,他们当时确定下奥陶统与寒武系的接触关系为平行不整合(图2-a),故郁南运动

① Liang X O, Li X H, Qiu Y X. Compression to extension switch during the Indosinian orogeny of zircon age on single detrital zircon grains from Upper Permian and Upper Triassic sediment in Shiwandashan Basin. EPSL (in Reviewing).

② 近来,陆松年^[39]鉴于中国的早古生代造山作用与英国苏格兰地区的加里东造山作用有很大区别,建议将中国的早古生代造山作用称泛华夏造山作用,笔者支持这一命名。

为造陆运动。但不好理解的是为什么有如此强烈的花岗岩浆活动?笔者(1993—1996)在云开大山进行基金项目研究时,发现在下奥陶统沉积以前,寒武纪、震旦纪和前震旦纪地层在云开大山已普遍褶皱,普遍的构造形式为近平卧的褶皱层(图3)。其发生时代为前奥陶纪的证据是,这些褶皱层卷入的地层为云开群(Z—AnZ)和八村群(ϵ),并普遍混合岩化;而奥陶系和志留系则未见此现象,其变质程度只为低绿片岩相,为发育板劈理或千枚理的片理化岩石;而且已确定奥陶系底部之花岗质砾石主要来源之一是早古生代时期的混合花岗岩^[10]。但近年来已确认该混合花岗岩是岩浆成因的深熔花岗岩,其片麻理是同构造之产物^[13],叶伯舟^[16]在整理云开大山岩体同位素年龄数据的基础上建立了2个变质构造热事件,其年龄分别为 $510\text{ Ma}\pm 15\text{ Ma}$ 和 $445\text{ Ma}\pm 20\text{ Ma}$,前者即为郁南运动之记录。这样前下奥陶统与下奥陶统之间的所谓平行不整合面是上下地层平行所造成的假象,实应为造山不整合。这一认识笔者虽于1996年已经提出^[10],但未充分论证,因而并未引起地质同行的注意。笔者之所以在本文进一步论述的目的在于强调将莫柱孙认为是造陆运动的郁南运动更正为造山运动的重要意义。因为它是泛华夏造山作用在云开地区的记录。在地质历史上,在Rodinia超级古大陆及其裂解事件以后,迎来了泛非事件——早古生代造山事件,进一步形成原始冈瓦纳古陆。朱同兴^[40]、周志广^[41]在喜马拉雅山地区也发现了奥陶系底砾岩与前奥陶系的角度不整合,不同的是,在喜马拉雅山区所见到的两者之间的不整合是裂解不整合,在云开大山所见到的造山不整合。陆松年^[37]也曾提及在中国西北已有不少600~500 Ma的地质事件的年代学资料。所有这些都暗示中国大陆的一些陆块曾是原始冈瓦纳的组成部分,泛华夏事件在中国地质历史上可能有重要意义。

作为泛华夏造山事件的第一幕——郁南运动,云开大山已经开始了褶皱逆冲叠瓦和隆起,在其西北侧形成了前缘凹陷,即古岑溪—博白凹陷。由于云开古隆起,在它的前缘形成了第一个构造—沉积转换面,这就是云开大山与十万大山地区早古生代的盆山耦合,古岑溪—博白凹陷可看做云开复背斜带和逆冲断带前缘的第一个前陆盆地,下奥陶统含砾长石砂岩则是这个前陆盆地中的磨拉石建造^[1](图2-a)。

泛华夏造山作用的第二幕是北流运动^[1],在云开大山继续褶皱冲断隆升的过程中,造成了下志留统与上奥陶统之间的沉积间断,此时的构造前缘和沉积凹陷已转移至岑溪—博白的北西侧,伴随强烈的构造运动,在凹陷中沉积了早志留世的浊流和重力滑塌沉积^[1](图2-b)。

当晚泛华夏造山作用——广西运动到来时,云开—武夷加里东地槽进入全面回返期,云开大山造山带构造前缘已经转移至钦防海槽的南东侧,此时的云开大山和广西大明山地区均已全面褶皱隆起,海水从这2个地区全面撤退,只剩下钦州—防城地区的一个NE向海槽,被挟持于两侧2个褶皱冲断带、隆起之间(图2-c),这就是钦防残留海槽。

(2)晚古生代—早古生代时期

在钦防海槽地区,志留系与泥盆系之间历来被认为是连续沉积的,而且是一种深水、半深水沉积的泥硅质建造,含有大量放射虫,并一直延续至二叠纪。北侧钦州小董—板城一带有一条放射虫硅质岩带,具有从晚泥盆世—晚二叠世($D_3 \rightarrow P_2$)的放射虫组合序列,其中晚二叠世至中二叠世的放射虫组合主要由两侧对称的*Pseudo alleidella*和*Follicucullus*等组成,数量多而分异程序低^[27,28]。

在华南作为广西运动的不整合面分布很广,区域上普遍是中泥盆世而不是早泥盆世的砂砾岩,海浸不整合在老地层之上。这些中泥盆世的砂砾岩并非磨拉石建造而是近乎磨圆、分选比较好的砂砾岩,说明云开大山及其邻区的泛华夏褶皱造山其实在早古生代阶段(郁南运动和北流运动)已基本完成,至志留纪晚期已进入以隆升、剥蚀为主的褶皱造山晚期阶段,经晚志留世至早泥盆世的长期剥蚀才会造成中泥盆世初期近准平原状态的广大海浸面。钦防海槽在早古生代初期继承了晋宁期的裂陷槽,因而是张性的,但经过泛华夏造山作用,其时两侧的云开大山和十万大山均已褶皱隆起。故此时的钦防海槽已转化为挤压性的边缘凹陷。早二叠世末期在华南(川滇以东),只有在钦防地区是造山运动,在其他地区均为造陆运动。但钦防海槽是华南陆壳背景上的陆内裂陷槽,因而它的褶皱造山属于陆内造山作用,它铸成了统一的华南地块并使之成为印支—中国古大陆的重要组成部分。

此时,云开大山至十万大山之间已连成一片山地,成为相对隆升的剥蚀区,钦防海槽地区已成为剥蚀前沿斜坡(图2-d),前陆盆地的东南边缘已迁移至现今上思地区的东南侧,其沉积相带自南东向北西依次为碎屑岩相、泥质岩相到灰岩相^[29](图2-d);而这一前陆盆地在晚二叠世晚期已扩展为一个北西侧连结特提斯海域的广海盆地。当晚二叠世海侵时,这一海盆向东进一步扩展到云开大山东侧的粤中、粤北一带,此时的云开大山已整体沦为海域。因此,晚二叠世至早三叠世的海侵应该理解为云开大山—十万大山地区又一重要的构造—沉积转换界面。

晚印支运动席卷了整个中国东部及印支半岛,造成了上三叠统一下侏罗统与中下三叠统之间的区域性不整合,此时,华南地块与印支地块、华北地块拼合(其西南侧与印支地块沿Ailao shan—SongDa线接合,其北侧沿秦岭—大别山与华北地块拼合)^[38,42]。在云开大山—十万大山地区再次出现了盆山耦合的构造,造山带的逆冲推覆方向由云开大山推向十万大山,其盆山构造山系总体构成一个剖面上的花状构造,在大容山至十万大山一带推覆由东南向西北,而在云开大山及其东南侧沿罗定—广宁断裂带和吴川—四会断裂带则自西北向南东推挤。云开大山断块周边断裂带的同位素测年为256~229 Ma^[14],代表这一构造事件的时代。

晚印支期时十万大山成为前陆盆地,造成了上三叠统一下侏罗统与中下三叠统之间的角度不整合,在前陆盆地的前缘一带,上三叠统由含角砾石的底砾岩不整合在前上三叠统沉积岩之上,反映出当时大容山岩体已近地表,其围岩角

岩已遭剥蚀,同时巨大的角砾岩的砾径反映出当时大容山一带的构造隆升是很强烈的(图2-e)。

(3) 中生代中晚期(燕山期)

进入燕山期,下侏罗统在十万大山及其东南侧的盆地中表现为1~2个较大的沉积旋回,旋回的下部以河流相和三角洲相的砾岩、砂岩为主,局部有山麓相沉积,中部为滨湖相,上部为泥质深湖相,反映出邻区云开山体逐渐被夷平和趋于稳定。在同一时期盆地边缘为山麓相、河流相、三角洲相,向内依次为湖滨沼泽相、滨湖相至深湖相,整个侏罗系沉积厚度逾2450 m。白垩系与侏罗系呈角度不整合。下白垩统在桂东南各沉积盆地中也存在1~3个沉积旋回,各旋回下部为山麓相、冲积相的砾岩、砂岩夹泥岩,上部相变为湖相砂岩、泥质岩夹泥灰岩,旋回厚度自下而上逐渐变小,反映了邻区云开山体的周期性抬升、剥蚀和夷平,其剥蚀旋回愈来愈短。白垩纪时沉积相横向变化亦明显,盆地边缘以山麓相、河流相为主,中部以湖相为主,上白垩统下部以山麓相粗碎屑岩及火山岩为主,中部以河流相砂砾岩为主,上部以湖相泥质岩为主。但因后期剥蚀,多只保存中下部。白垩系总厚在十万大山盆地逾3000 m,其沉积中心不断自南东向北西迁移,盆地西北翼粗碎屑岩较少,沉积厚度较薄,东南翼则相反,反映凹陷幅度最大处近推覆前缘,其推覆前缘及前缘凹陷不断由南东向北西迁移^[3](图2-f)。白垩系巨大的沉积厚度反映当时云开大山因逆冲推覆而不断地隆升剥蚀,而随着推覆山体自南东向北西推移,沉积凹陷幅度最大处亦不断向北西侧推移,这是盆山构造耦合侧向迁移极好的表现。

(4) 新生代时期(喜马拉雅期)

进入新生代,十万大山沉积盆地沉积相、厚度的变化一改中生代的SE—NW方向的变化而变成第三纪的SW—NE向变化。在十万大山宁明、上思等盆地,西南部的沉积较东北方向的粗。在NE向长条状断陷盆地中常被NW向的断层分割成数段NW向的第三系盆地。当时该区西南部和北部地势较高,为较强烈的上升剥蚀山地,主要水流自西向东,反映出在NE走向水系中已开始出现NW走向的水系,反映出新生代盆山格局与构造应力场的新变格——原来的NE向断陷盆地是在NE向华夏方向构造的基础上发展起来的,而原来的华夏方向构造代表古太平洋构造域的构造方向,其NE向主压面代表的区域构造应力场的挤压应力为NW—SE方向,新叠加上去的NW向是左行压扭性断裂和NE向右行张扭性断裂,其组合代表喜马拉雅期的构造应力场,挤压应力方向为NE—SW向,是印度板块与中国大陆碰撞挤压所形成的构造应力场。

综上所述,挤压和伸展在盆山耦合形成演化过程中在时空上是互换的。云开大山及其邻区自早古生代以来经历了挤压碰撞造山和后造山的伸展滑塌几个构造旋回。在挤压碰撞造山阶段,其耦合的主要形式是逆冲叠瓦推覆山系和前陆盆地或前缘凹陷;在后造山伸展滑塌阶段其耦合的主要形式是滑覆叠瓦山系和拉张断陷盆地。在十万大山及其东南邻区前人注意到的是逆冲推覆和前陆盆地,忽略了伸展滑覆和拉张

断陷的盆山耦合。本次研究补充建立了伸展机制下的盆山耦合,其主要表现和地质依据有以下几点:①沿NE走向的区域性大断裂的滑覆盘在二叠系的薄层砂页岩及硅质岩层中常见滑覆卷曲层和近平卧褶皱(图4)。②岩浆活动显示挤压和伸展的互换:大容山陆壳重熔花岗岩浆和中酸性喷发岩浆的形成是挤压剪切构造环境的产物,中酸性岩浆侵入和喷出是地壳处在拉张伸展环境的标志;大容山重熔花岗岩浆在深部形成时地表表现为隆升,而重熔中酸性岩浆上侵和喷发过程则同时表现为盆地的伸展和扩大。③十万大山盆地及其东南邻区的沉积面积周期性扩展和向SE方向超覆,以及在沉积垂向剖面上所表现出来的由粗到细、由浅水到深水的沉积学记录,代表着盆山耦合的伸展期(图2-e、g)

如前所述,云开大山—十万大山地区主要自早古生代以

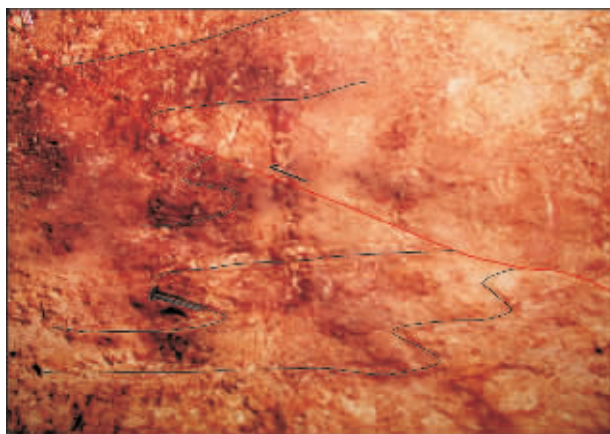


图3 云开大山地区前奥陶系地层发生褶皱

Fig.3 Folding of the pre-Ordovician strata in the Yunkai Dashan area



图4 桂南板城地区二叠系薄层砂岩、页岩及硅质岩层中发育的滑覆卷曲层

Fig.4 Slip-overlapped convolute beds developed in Permian thin-bedded sandstone, shale and siliceous rocks in Bancheng area, southern Guangxi

来非常明显地表现出盆山耦合的演化过程,总的表现是,在造山期造山带前缘及前缘盆地自SE向NW方向迁移;在后造山期伸展盆地的面积不断扩大,其东南边缘不断自NW方向向SE方向迁移。

云开大山—十万大山逆冲推覆自中生代早期(晚印支造山运动)开始,总体为自SE向NW的运移方向,在东南沿海可以找到相应的对比:从浙东北至浙西北也发育了一系列NE走向的逆冲推覆构造,极性也指向NW,在逆冲推覆构造的前缘也发育了前陆盆地的晚三叠世—早三叠世磨拉石建造;燕山期同极性的逆冲推覆断切了中上侏罗统火山岩^[43];在桂东南以东自NE向罗定—广宁断裂带以东则有一极性指向SE的NE向逆冲推覆构造,而整个华南地块在中生代的总体运动方向为自NW向SE,这可从控制了岩浆岩和沉积建造展布的印支期—燕山期的大陆边缘弧指向SE和陆壳重熔岩浆岩年龄由NW向SE变新、新华夏系构造带的成生时间由NW向SE变新^[44]得到证明。

此外,翁世劼^[45]在研究赣粤中生代晚期火山岩地质时曾指出其动力机制应为陆陆碰撞的仰冲动力体系,并为此做了

地质学的充分论证,使人们相信在东南沿海存在华南大陆向SE仰冲、太平洋板块俯冲动力体系的同时,在特提斯构造域,当古、中、新特提斯洋关闭时也同时存在陆陆碰撞的仰冲动力体系。本区地处特提斯构造域和太平洋构造域的复合地带,大面积的印支期—燕山期重熔花岗岩浆和中生代晚期火山喷发岩浆是由自NNW向SSE的深部推覆剪切重熔造成的,正是推覆前锋不断由NNW向SSE推移导致了侵入岩体的形成时代由NW向SE变新^[44,46](图5);至应力松弛的伸展期不仅有重熔花岗岩浆的侵入,而且有深部煌斑岩浆的喷溢,后印支期的煌斑玄武岩浆则是这一伸展期的代表性岩石学标志^[47]。

进入新生代,由于印度板块与亚洲大陆的对接碰撞,华南乃至整个中国东部总体处于NE—SW方向的挤压和NW—SE方向的拉张之中,而越往东部,构造逸脱和伸展的现象越显著,表现为第三纪时在桂西南十万大山东南侧的一些区域性大断裂带中只有一些中酸性(部分为煌斑岩浆)小规模侵入活动(岩体同位素年龄为80~90 Ma^[26]),而在北部湾及其以东的东南沿海则有大规模的基性岩浆活动并持续至第四纪。

致谢:成文过程中,马文璞、刘志刚同志提出了许多宝贵

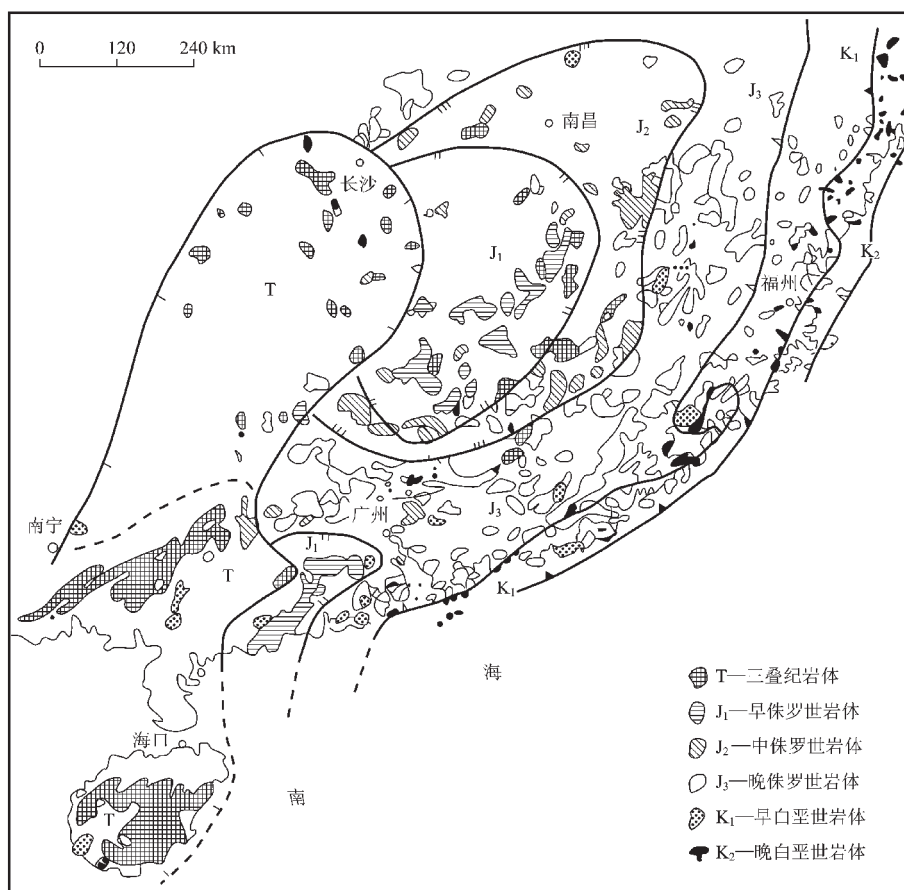


图5 华南大陆三叠纪—白垩纪花岗质侵入岩的分布^[46]

Fig.5 Distribution of Triassic-Cretaceous granitic plutons in South China

意见,周蒂研究员对英文作了斧正,谨致谢意。

参考文献:

- [1]莫柱孙,叶伯丹,潘维组.南岭花岗岩地质学[M].北京:地质出版社,1980.
- [2]广东省地质矿产局.广东省区域地质志[M].北京:地质出版社,1988.
- [3]陈斌,黄福生.云开大山加里东期花岗岩成因的岩石学与地球化学证据[J].南京大学学报,1993,5(4):430-441.
- [4]周汉文,游振东,钟增球,等.云开隆起区钾长球斑片麻状黑云母花岗岩锆石特征研究[J].地球化学,1994,(4):427-432.
- [5]莫柱孙.关于“云开大山变质杂岩”时代与成因的一些新认识[J].广东地质,1989,4(1):83-86.
- [6]南颐.广东区域地层概要[J].广东地质,1989,4(2):1-22.
- [7]赵汝璇.论钦州加里东残留海槽向广东延伸问题[J].广东地质,1996,11(4):1-6.
- [8]丘元禧.广东省区域构造演化及其基本特征[J].广东地质,1992,7(1):1-22.
- [9]彭少梅.粤北新洲逆冲推覆构造及金矿成矿系列[M].北京:地质出版社,1992.
- [10]丘元禧,陈焕疆.云开大山及其邻区地质构造论文集[C].北京:地质出版社,1993.
- [11]袁正新,黄高强.云浮-罗定推覆构造带的确定及其意义[J].宜昌地质矿产研究所所刊,1988,第13号.
- [12]彭少梅,任广宗.云开地块构造演化史及其动力学特征[J].广东地质,1996,11(2):39-45.
- [13]彭少梅,符力奋,周国强,等.云开地块构造演化及片麻状花岗岩的剪切深熔成因[M].武汉:中国地质大学出版社,1995.95-96.
- [14]彭少梅,彭松柏,邵建国.云开地块周边断裂带的地质特征与构造演化[J].广东地质,1995,10(2):9-16.
- [15]彭少梅,彭松柏,邵建国.云开地区海西—印支期推覆构造系统[J].广东地质,1995,10(2):1-9.
- [16]叶伯丹.两广云开地区同位素地质年龄数据及其地质意义[J].广东地质,1989,4(3):39-55.
- [17]简平.云开隆起西南端混合岩、花岗岩同位素年代研究[J].广东地质,1991,6(2):58-67.
- [18]张志兰,袁海华,凌井生,等.广宁古水乐昌峡群同位素地质年代的初步研究[J].广东地质,1989,7(1):42-51.
- [19]邵建国,彭少梅,彭松柏.云开地区前海西期构造演化的同位素年代学特征[J].广东地质,1995,10(2):41-50.
- [20]叶真华,劳秋元,胡世玲.云开大山云开群地层时代和层序的研究现状与新认识[J].地质论评,2000,46(5):449-453.
- [21]彭松柏,战明国,张照明,等.云开前加里东花岗岩质岩石Sm-Nb、Pb/Pb同位素定年及其意义[J].地球学报,2000,21(1):52-57.
- [22]黄圭成,汪雄武,杨世义,等.两广云开隆起存在中—古元古代基底的年代学证据[J].中国区域地质,2001,20(2):194-199.
- [23]庄文明,许照熙,黄宁辉,等.粤西信宜一带花岗岩质岩中斜长角闪岩的地质特征及时代[J].广东地质,1995,10(2):51-63.
- [24]覃慕陶.南岭构造体系对铀矿的控制作用[J].广东地质,1989,1(1):143-152.
- [25]凌井生.广东河台金矿地质特征[J].广东地质,1989,1(1):56-68.
- [26]广西壮族自治区.广西壮族自治区区域地质志[M].北京:地质出版社,1985.
- [27]吴浩若,邝国敦,咸向阳,等.桂南晚古生代放射虫组合及广西古特提斯的初步探讨[J].科学通报,1994,39(7):809-812.
- [28]吴浩若,邝国敦,咸向阳,等.广西南部晚古生代放射虫及其地质意义[J].地质科学,1994,29:339-345.
- [29]张伯友,张海洋,赵振华,等.两广交界处岑溪—叠纪岛弧型玄武岩及其古特提斯性质的讨论[J].南京大学学报,2003,30(1):46-52.
- [30]陈焕疆.广西十万大山东南缘的逆冲—推覆构造[A].见:云开大山构造论文集[C].北京:地质出版社,1996.66.
- [31]张岳桥.广西十万大山前陆盆地冲断推覆构造[J].现代地质,1999,13(2):150-155.
- [32]徐汉林,杨以宁,沈扬,等.广西十万大山盆地构造特征新认识[J].地质科学,2001,36(3):359-363.
- [33]许效松,尹福光,万光,等.广西钦防海槽迁移与沉积—构造转换面[J].沉积与特提斯地质,2001,21(4):1-10.
- [34]邓希光,陈志刚,李献华,等.桂东南地区大容山—十万大山花岗岩带SHRIMP锆石U-Pb定年[J].地质论评,2004,50(4):426-431.
- [35]吴浩若,邝国敦,咸向阳.志留纪以来的云开地块[J].古地理学报,2001,3(1):32-39.
- [36]丘元禧,张渝昌,马文璞.雪峰山的构造性质与演化[M].北京:地质出版社,1999.29-30.
- [37]陆松年,李怀坤,陈志宏,等.新元古时期中国古大陆与罗迪尼亚超大陆的关系[J].地学前缘,2004,11(2):518.
- [38]任纪舜,陈廷愚,牛宝贵,等.中国东部及邻区大陆岩石圈的构造演化与成矿[M].北京:科学出版社,1990.79-81.
- [39]陆松年.初论“泛华夏造山作用”与加里东和泛非造山作用的对比[J].地质通报,2004,23(9-10):952-958.
- [40]朱同兴,王安华,邹光富,等.喜马拉雅地区沉积盖层底砾岩的新发现[J].地质通报,2003,22(5):367-368.
- [41]周志广,刘文灿,梁定益.藏南康马奥陶系及其底砾岩的发现并初论喜马拉雅沉积盖层与统一变质基底的关系[J].地质通报,2004,23(7):655-663.
- [42]周蒂,颜佳新,丘元禧,等.南海西部图区中特提斯东延通道问题[J].地学前缘,2003,10(4):470.
- [43]浙江省地质矿产局.浙江省区域地质志[M].北京:地质出版社,1989.
- [44]谭忠福,张启富,袁正新.中国东部新华夏系[M].武汉:中国地质大学出版社,1989.89-126.
- [45]翁世劼,孔庆秦,黄海.浙闽赣粤中生代晚期火山地质[M].北京:地质出版社,地矿部地质专报区域地质,(12):177.
- [46]万天丰.中国大地构造学纲要[M].北京:地质出版社,2004.149.
- [47]梁新权,范蔚茗,王岳军.湖南中生代陆内构造变形的深部过程:煌斑岩地球化学示踪[J].地球学报,2003,24(6):603-610.