

文章编号: 1000-0550 (2005) 01-0012-09

赣杭构造带红层盆地原型及其沉积作用

余心起¹ 舒良树¹ 颜铁增² 祖辅平¹

1(南京大学地球科学系 南京 210093) 2(浙江省地质调查院 浙江萧山 311203)

摘要 盆地原型是指盆地沉积时的构造属性类型,盆地原型分析就是按阶段的盆地结构分析法。文章暂不讨论赣杭带晚侏罗世—早白垩世早期的火山杂色断陷盆地,而以实地观察资料和前期研究成果,对早白垩世晚期以后形成的一系列 NEE 方向分布的红色断陷盆地及其沉积作用进行综合分析。盆地红层下部夹有玄武岩层,已有的 K—Ar 年龄值为 105~98Ma,由此判断赣杭带红色断陷盆地演化从早白垩世晚期开始。早期属典型的断陷盆地,呈现半地堑式形态,北界为向南倾斜的正断层,南界为超覆不整合。晚白垩世中后期演变为拗陷盆地,沉积盆地扩大,南北两侧均见到超覆不整合,北侧部分地段保留早期断裂边界。河流沉积作用为最主要沉积作用方式,盆地中心部位可见少量内生沉积的白云岩、泥灰岩及炭质泥岩。沉积组合大致为湖泊相、冲积扇相、三角洲相及河流相,代表了拉张型盆地的基本沉积类型,也反映了断陷湖盆由初始拉张断陷、中后期扩张为拗陷、到最后萎缩的完整过程。

关键词 盆地原型 断陷盆地 拗陷盆地 赣杭构造带 沉积作用 早白垩世晚期—晚白垩世

第一作者简介 余心起 男 1962 年出生 博士研究生 高级工程师 构造地质及沉积大地构造

通讯作者 舒良树 男 1951 年出生 教授 博士生导师 构造地质学

中图分类号 P541 **文献标识码** A

1 引言

盆地分析自 20 世纪 60 年代初,首先为石油地质学家所重视,揭示盆地的沉积演化和古地理。在近代科学技术发展的过程中,随着地学领域各学科的发展以及地球观的转变,沉积盆地分析被推进到一个新的阶段。研究盆地的形成史、充填史、埋藏关闭史以及盆地演化过程中由地球动力驱动的过程及控制的特殊事件、事件发生的时间及事件沉积作用等,以此来探索和认识盆地的地球动力学演化,研究盆、山耦合的制约关系和大陆边缘与洋盆间转换过程中对盆地沉积体的制约性^[1~6]。

所谓原型盆地 (prototype basin),就是盆地沉积时的构造属性类型,即在单一地球动力学系统下或单旋回构造阶段所产生的盆地^[1],常称为原型盆地或单旋回盆地。原型盆地在空间上可处于不同的构造位置,即板缘和板内;在时间上可处于大洋旋回和大陆旋回两个不同阶段。大洋旋回 (威尔逊旋回)以盆山转换为特征,在演化中可以出现各类原型盆地;大陆旋回以盆山耦合为特征,由于大陆聚合时间和大陆

动力学的差异可以出现各类陆内盆地^[2~3]。

所谓原型盆地分析,指的是按阶段的盆地结构分析法。盆地原型分析和沉积盆地分类及构造样式分析联系紧密,应从几何学、运动学和时间等方面进行综合研究。盆地动力学分类可将盆地分为裂陷盆地、压陷盆地和走滑盆地;随着时间进展可以划分出盆地的演化序列;在一定构造阶段可以形成一定的盆地几何特征,各类盆地相应地产生伸展构造体系、压缩构造体系和走滑构造体系等各种构造样式^[1]。近几年来,Perrodon (1992,据文献 [4])、李思田等^[4]、刘和甫^[2]、刘和甫等^[3]、张渝昌^[7]都特别强调盆地原型分析的重要性。张渝昌^[7]曾提出按盆地内不同沉降作用及其沉积实体划分若干单一盆地结构单元的意见。

赣杭带曾发生过两次断陷作用,第一次发生于晚侏罗世—早白垩世早期,为火山杂色断陷盆地;早白垩世晚期以后,对应于中国东南部强烈的伸展作用^[8],第二次形成一系列陆相红色断陷盆地。本文主要讨论第二次伸展断陷形成的赣杭带红色盆地原型及其沉积作用。在开展赣杭带红层盆地原型及其沉积作用的研究时,主要考虑了以下几个方面的因

素:盆地的力学性质:主要受控于早白垩世晚期以来区域拉张构造应力场背景;盆地的几何形态:拉张情况下主要为断陷,金衢盆地剖面形态上为单断型的箕状断陷。盆地所处的大地构造位置:主要指盆地相对于造山活动带和稳定地块的构造位置,金衢盆地位于扬子地块和华夏地块的接合部位。盆地的基底性质;地层层序和沉积建造特征;盆山耦合关系;等等。研究目的,是试图为进一步分析赣杭地区的盆地动力学演化,为探讨中国东南部晚中生代构造—岩浆—深部—盆地之间的互馈关系提供新的证据。

2 赣杭构造带红层盆地基本特征

赣杭构造带位于华南一级构造单元的结合部位,横跨江南元古宙岛弧和华南加里东造山带两个二级构造单元(图 1),北侧称下扬子地块,南侧称华南地块^[8-12]。该构造带主要受赣杭断裂带控制,由永丰—诸暨拗陷带、赣杭构造火山活动带和赣杭红盆断陷带组成。赣杭断裂带是由绍兴—江山深断裂发展演化而来,它主要由绍兴—江山、广丰—东乡和抚州—永丰三条深大断裂构成。在漫长的地质历史发展过程中,它长期控制着两侧地质构造发展,使其两侧构造事件、岩浆活动、沉积作用、变质作用以及成矿作用等方面具有明显的差异^[11-14]。一直到晚三叠

世,南北两侧的沉积环境和构造形态才趋统一。中生代时期该地区进入陆缘活动阶段。晚侏罗世—早白垩世又称赣杭构造火山活动带,是中国东南部一条重要的沉积—火山岩带,沿线分布着数十个火山盆地、火山穹窿。早白垩世晚期开始,又称赣杭断陷盆地,沿构造带分布着多个以晚白垩世红层为主的盆地^[11-15]。赣杭地区作为中国东南活动大陆边缘火山岩带的北西缘并与其连为一体,显示出与太平洋板块运动的相关性^[16-17]。已有研究表明,晚中生代时期沿赣杭带的构造—火山活动乃至中国东南部中生代盆地的形成和演化过程中,古太平洋板块相对亚洲大陆的俯冲作用起着主动的、决定性的作用^[21]。同时,江绍深大断裂的共同作用加强了这一结果^[22-24]。

赣杭构造带东起浙江绍兴,西至江西永丰,总体呈北东向展布,长大于 600 km,宽一般为 50~70 km,有的地段更宽。历来认为,赣杭带中生代红盆形成于白垩纪,常有“白垩纪红盆”之称。近期通过红层下部玄武岩夹层的地球化学分析,表明赣杭带强烈拉张始于早白垩世晚期。金衢盆地龙游县东南方约 7 km 上圩头村的玄武岩,全岩 K—Ar 法年龄值为 105 Ma^[25],信江盆地广丰一带碱性玄武岩 K—Ar 法年龄值为 98~102 Ma^[17],表明该玄武岩及所赋存的红层时代为早白垩世晚期,与古生物年代相吻合^[26]。

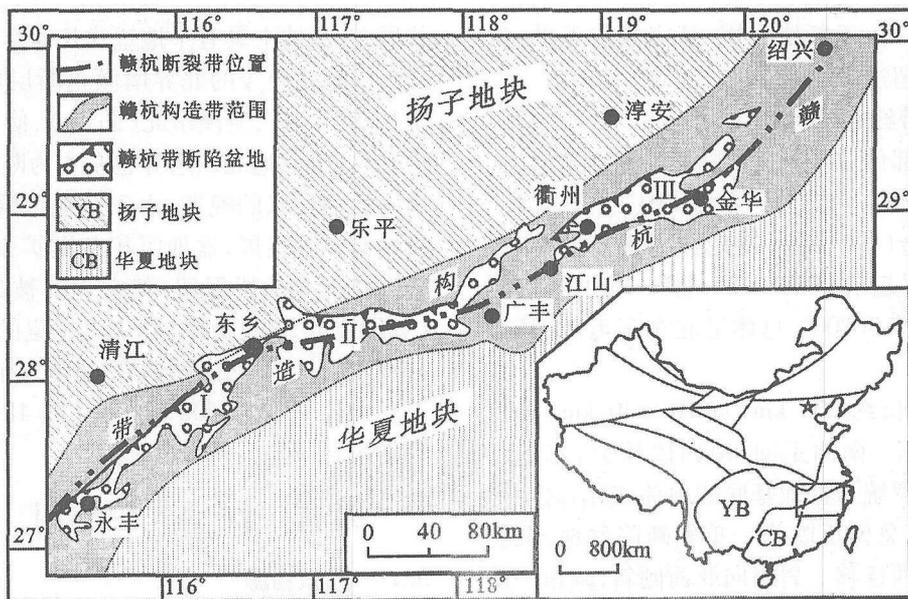


图 1 赣杭构造带红色断陷盆地简图

抚州—崇仁盆地: .信江盆地: .金华—衢州盆地

Fig 1 Sketchmap shows the distribution of red fault basin along the Ganhang Tectonic Belt

2.1 赣杭构造带基底属性

北西侧基底为下扬子前震旦纪地块,即新元古代早期未变质—低变质的岛弧火山—沉积岩系和前陆磨拉石盆地环境下形成的火山—沉积岩系。在震旦纪、前震旦纪巨厚沉积岩和火山岩(底部双溪坞群有低级变质作用)之上,发育了一套相当完整的以海相地层为主的古生代沉积地层,上部覆盖中、新生代内陆沉积和火山喷发相。构造面貌主要表现为轴向 NE 向的复式褶皱,以及与之同期的正断层、逆断层和后期的平移断层^[27]。

南东侧基底主要为第一次断陷形成的上侏罗统—下白垩统火山(—沉积)岩系,另在局部地段出露经受了多期区域动力—热流变质作用的中高级区域变质岩系—陈蔡群,岩性以黑云斜长片麻岩、大理岩、变粒岩、浅粒岩和斜长角闪岩、片岩类为主。变质岩系和火山建造之间缺失整个古生代沉积地层。主要构造特点表现为陈蔡群变质岩系的多期紧闭线性褶皱和后期的脆性断裂系^[27]。

以金衢盆地为例,浙江省石油地质大队根据钻孔及物探资料编绘的基岩地质图(1993)表明:江山—绍兴断裂将金衢盆地基底分为两区,北西区基底为前震旦系—上古生界,属于克拉通型基底;东南区基底为浙东南晚侏罗世—早白垩世早期火山岩,属于晚中生代大陆边缘火山岩带,金衢盆地南侧边缘基底火山岩为赣杭火山活动带的组成部分。南北两侧基底均缺少连续性地层。由于断块作用,基底起伏不平,盆地最深处距地表超过 5 000 m。

2.2 赣杭构造带红盆结构、构造

赣杭带核心部位发育一连串陆相碎屑断陷盆地,自西而东有:抚(州)—崇(仁)盆地(图 1-),信江盆地(图 1-),金(华)—衢(州)盆地(图 1-)和较小的诸暨盆地,西起东经 115°15′、北纬 25°10′,东至东经 120°15′、北纬 30°00′,总体呈北东东走向,基本上首尾相连。

抚—崇盆地长约 200 km,宽 10~30 km,面积 3 018 km²。呈北东—南西走向,南西段较窄,北东段较开阔。以上侏罗统为盆地基底的顶部,断陷盆地内地层为上白垩统,总体反映为一单斜断陷盆地,沉积中心由南东往北西迁移。岩层向北西倾斜,倾角一般为 10°~20°。

信江盆地长约 180 km,宽 10~40 km,面积 3 148

km²。走向近东西或北东东,南东开阔,北西较窄。以上三叠统为基底,盆内由白垩系组成。盆地在白垩纪沉积期间略有变化,弋阳附近形成一个次级隆起,将此向斜盆地一分为二,西段沉积中心向北西迁移,东段沉积中心向北迁移。岩层倾角一般为 10°~20°,盆地边缘由于断裂影响,可达 25°~35°,局部地段达 45°左右。

金衢盆地长约 150 km,宽 20~30 km,面积约 2 980 km²。总体呈北东向展布,略呈“S”形。金华、兰溪段开阔,两端收缩变窄。绍兴—江山断裂将其分为两区,西区基底为前震旦系—上古生界;东区则为上侏罗统。主要发育上白垩统,边缘局部有下白垩统出露。

实地观察显示,赣杭带断陷盆地呈现半地堑式“箕状”形态。以金衢盆地为例,根据 1:5 万高精度重力细测成果和地质钻孔资料推断的基底形态(图 2)表明有一系列拉张成因的正断层存在,剖面上有南北两个凹陷,均呈箕状凹陷形态。南侧主要凹陷近似三角形,最深处大于 5 100 m;北侧次要凹陷呈不规则三角形,凹陷深度也达 2 800 m。根据汤姆逊(Thompson, 1960,据文献[28])提出的三角计算方法,金衢盆地拉张量估算值不小于 2 100 m。以往屯溪—温州地区的地球物理剖面等深部资料^[24]也表明,从该盆地的南北两缘向盆地中心逐渐呈不对称的阶梯状沉降,沉积中心底部相对平坦,地层呈不对称状展布,总体上具有半地堑式几何学特征。

尚保留至今的北界南倾正断层可在金衢盆地江山县北(图 3)、兰溪市北(图 4a)、信江盆地鹰潭市北见到,抚崇盆地北西边界也基本为断层接触(图 1)。

强烈拉张的晚期,由于盆地沉降速率加快,断陷盆地向拗陷发展,盆地沉积范围扩张,北缘的断层边界仅在部分地段保留,其它逐渐被超覆不整合代替(如图 2 北界)。沉积物广泛超覆的结果,使湖泊相的泥岩直接覆盖在被超覆的盆缘基底之上(图 5b)。

南界基本为超覆不整合(图 4b,图 5a),大多被后期破坏或掩盖而难以见到。

3 赣杭带红盆沉积作用

3.1 沉积物源

赣杭带红盆沉积物的主要岩性为砾岩、砂砾岩、砂岩和粉砂质泥岩,以不同的厚度组成了不同类型的

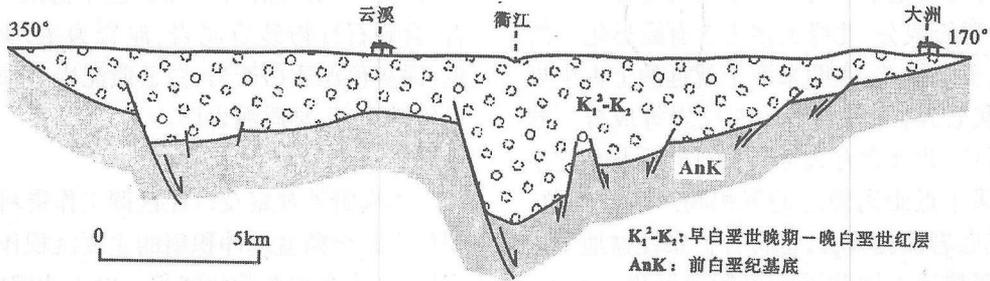


图 2 金衢盆地基底形态横剖面图 (根据浙江石油勘探处“浙江省金衢盆地基底地层推断图” 描绘, 1993)

Fig 2 Section shows basement morphological feature of Jinhua-Quzhou Basin (after Zhejiang Petroleum Exploration, 1993)

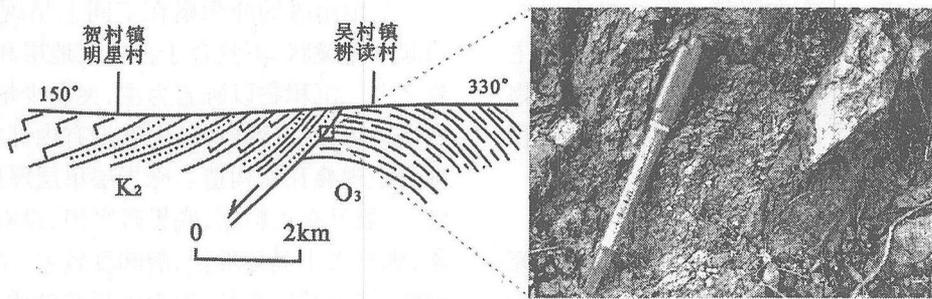


图 3 江山市吴村镇耕读村金衢盆地北缘 (K₂/O₃) 断层接触关系

Fig 3 Fault boundary between K₂ and O₃ in the north margin of Jinhua-Quzhou Basin, Gengdu Village, Jiangshan County

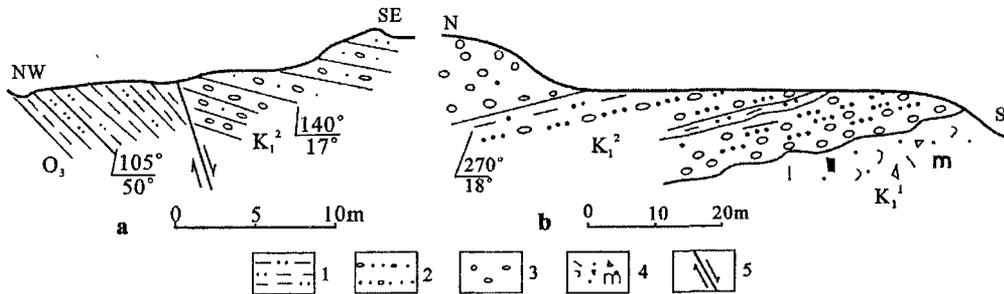


图 4 金衢盆地北缘 (a, 兰溪市北西)、南缘 (b, 龙游县湖镇) 接触关系素描图

1. 粉砂质泥岩; 2 砂砾岩; 3. 砾岩; 4 含角砾晶玻璃屑熔结凝灰岩; 5. 正断层; K₁² - 早白垩世晚期红层; K₁¹ - 早白垩世早期火山岩; O₃ - 晚奥陶世粉砂质泥岩

Fig 4 Boundary sketches of the Jinhua-Quzhou Basin (a, northwest Lanxi City; b, Huzhen Town, Longyou County)

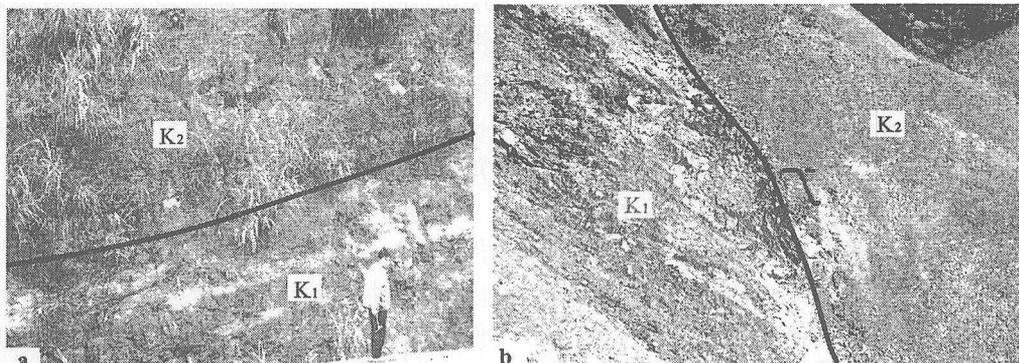


图 5 断陷盆地边界晚白垩世红层超覆不整合在早白垩世火山碎屑岩之上

a: 信江盆地南缘, 江山市保安乡, K₂砂岩不整合于 K₁凝灰质砂岩上; b: 信江盆地北缘 常山县宋畈村, K₂泥岩超覆于 K₁凝灰岩上

Fig 5 Discordant interfaces between K₂ and K₁ at both boundary of fault basin

韵律性层序,并在盆地中形成了一系列有差异的沉积相带。砾岩中砾石成分,北缘大多为含有珊瑚类化石的灰岩,无磨圆,分选极差,表明来源于就近的上古生界地层;南缘除灰岩外,还有较多的流纹岩等成分。砂岩中主要含石英,此外含有大量的长石碎屑及其它不稳定岩屑,均属于近距离搬运的沉积物。这一现象,与上述两侧基底岩性相吻合,也符合扩张性盆地快速沉降、两侧物源快速剥蚀和近距离搬运沉积的特点。同时,两侧山岭的隆升与盆地的沉降形成了对应的耦合关系。

晚白垩世时期,由于东南沿海分布着 3 500 ~ 4 000 m 的沿岸山系^[29],一方面阻挡了海洋夏季风的西行,使得中国东南部内陆盆地成为以氧化环境为主的红盆;另一方面河水西流,沿岸山系的风化剥蚀物经过河流较长距离的搬运,成为赣杭带红盆细屑沉积物的一部分。

3.2 沉积相组成特征

对赣杭带断陷盆地进行的实地观察对比和研究成果^[30~33]分析发现,盆地红层各种沉积建造和沉积相组成基本接近,仅在分布范围和规模上有少许差别。三大张裂型的断陷盆地均以狭长的深水湖(> 550m)为特征,其沉积物巨厚,中、北部以湖泊相为主,南部以冲积扇为主,此外有过渡类型的湖泊三角洲相、河流相等。盆地演化晚期以河流沉积为主。

以下以金衢盆地为例,说明赣杭带断陷盆地红层的沉积相组成特征。

3.2.1 湖泊相

湖泊相属于河流作用没有波及或影响甚少的静水沉积物。金衢红盆中的湖泊相大致沿现今衢江一线分布,主要有滨浅湖亚相和深湖亚相,少量半深湖亚相。

龙游地区可见厚度大于 1 600 m 的滨浅湖相。以中薄层状粉砂岩、粉砂质泥岩互层为主,局部夹有细砂岩,露头剖面上呈韵律分布。单层厚度 5 ~ 45 cm 之间,岩石中沙纹层理、水平层理、波状层理以及小型浪成波痕构造、雨痕比较发育,底部有小型冲刷构造。

半深湖环境出露面积约 10 km² ±,以厚层状、块状粉砂质泥岩或泥岩为主并夹有中薄层状粉砂岩,粉砂岩与泥质岩之比为 1 : 10;粉砂岩单层厚 5 ~ 20 cm,泥质岩单层厚 50 ~ 200 cm。泥质岩中比较发育方解石细脉以及姜状钙质结核,一般不发育水平层理。

距水面约 550m 以下为深湖沉积环境,属于还原性质。仅见于油气勘探钻孔中,视厚度大于 600 m,

主要为泥岩,以棕褐色、深灰色中薄层含钙粉砂质泥岩、含硬石膏粉砂质泥岩、泥岩为主,夹有多层灰黑色、深灰色泥质白云岩、白云质泥岩、粉砂质泥灰岩及粉砂质泥岩、炭质泥岩层。

3.2.2 冲积扇相

本次野外观察及以往区调工作资料表明,河流沉积作用是金衢盆地冲积扇的主要沉积作用,包括河道充填、片流沉积及筛状沉积。由于冲积扇与地势高陡起伏的变化以及沉积物源的供应量有密切关系,构造背景、源岩性质以及气候条件制约着它的形成,从而使得金衢盆地南北两侧冲积扇沉积作用有一定差异。

盆地南缘的冲积扇在空间上呈现出向盆地中心凸起的透镜状,不整合于古生代地层和早白垩世火山岩之上。沉积物以砾岩为主,夹有少量不稳定粉细砂岩透镜体;成层性较好,一般没有内部定向结构,局部砾石呈现叠瓦状构造。砾岩层单层厚度 0.5 ~ 3 m 之间,一般具有正粒序,底界较平坦,没有明显的底侵现象;砾石大小混杂堆积,磨圆度较差,呈次棱角状到次圆状,缺少粘性杂基,均为中粗粒砂质充填胶结,具颗粒支撑。

盆地北缘冲积扇分布于北缘断裂沿线,大部分直接覆盖在断裂面上。沉积物以砾岩为主,夹少量透镜状粉细砂岩;砾石大部分(75% ~ 85%)为灰岩,呈次棱角状,极少量为次圆状,分选性差,大小混杂;成层性较差,以厚层、块状构造为主,具颗粒支撑,缺乏泥质杂基,均为砂质碎屑充填,内部结构局部显示砾石叠瓦状构造及粒序的变化。砾岩层底界平整,不显示冲刷构造特征。

3.2.3 湖泊三角洲相

湖泊三角洲相主要受河流作用制约,即河流搬运沉积物的强度以及沉积物的量对三角洲的形成起着决定性作用。金衢盆地南缘主要发育退积型扇三角洲,属盆地早期产物,反映了盆地早期湖水不断加深,湖盆加宽,沉积作用往南岸上超。金衢盆地晚期随湖水变浅,沉积作用逐渐向盆内萎缩,形成进积型扇三角洲,粗碎屑沉积在先沉积的细碎屑之上。

辫状三角洲体系的产出受到一定的盆边构造条件以及沉积环境的制约。金衢盆地南部为宽缓的斜坡带,为冲积扇前方辫状分流河道的形成提供了条件;盆外一侧山麓持续长期抬升,又使碎屑物源供给十分充裕;之间存在的广阔汇水区域,使得分流河道沉积作用不断推进,从而使湖岸向盆地退缩,而辫状平原随之不断扩大,最终发展演化为由一系列分流河

道组成的辫状三角洲体系,沉积序列为进积型叠置。盆地的末期发育大型河流相沉积,与早期湖泊相之间存在过渡性三角洲相。

3.2.4 河流沉积作用

已有研究表明,中国东南部自晚白垩世以后一直处于拉张环境,因而金衢盆地范围并未缩小,湖盆的萎缩只是沉积物充填的结果。随着水体变浅,两岸斜坡填平,盆地晚期的沉积作用逐渐集中于盆地中部,并以河流沉积作用为主要方式,包括大型辫状河和曲流河两种类型。在丰(洪)水期伴有湖泊沉积。由于丰水期—枯水期的时间段交替出现,因此金衢盆地曲流河相和湖泊相在沉积特征上难以区分。在枯水期,曲流河相在湖泊相周边常见。而当湖水上涨掩盖部分曲流河之后,沉积相就出现过渡现象,如河流上部岸后平原段有滨浅湖沉积作用,显示出了河流沉积与湖泊沉积的共同作用。

河流相的典型剖面结构具有明显的半韵律性旋回特点,下部为厚层状、块状砾岩、砂砾岩,普遍发育 5~25cm 厚的砾岩层,砾石滚圆状—次圆状,大小 1~6cm 之间,较普遍见有植物碎片,代表河道充填和河流边滩碎屑物沉积;上部为含砾中粗粒砂岩、粉砂质泥岩,可见大型槽状、板状交错层理、平行层理以及紫红色中薄层状粉砂岩和粉砂质泥岩的互层,说明存在泛滥盆地沉积及丰水期的浅湖相的沉积。旋回层上下两部分厚度的比例一般为 1~2,表明了上部洪泛或湖相分布较普遍。

金衢盆地在湖泊萎缩期间形成了平原区辫状河相,属准平原化河流类型,其序列为从滨浅湖相,到湖泊三角洲相,并过渡到辫状河平原相,呈加积—进积型叠置。在接近关闭时形成沙洲相,主要分布在衢州、龙游等地,如衢州西南至西部呈宽广的带状展布。

3.3 沉积盆地演化历史

综上所述,金衢盆地的沉积组合从下到上、由中心往两侧大致为湖泊相、冲积扇相、三角洲相到河流相,基本代表了沿赣杭带分布的拉张型盆地的主要沉积类型,也反映了断陷湖盆由初始拉张到最后萎缩的完整过程。当然,沉积相的空间分布和时代关系往往是复杂的、交叉的,上述特征反映了总体规律。

讨论表明,赣杭带早白垩世晚期以来断陷盆地的发展演化大致经历了三个阶段。沉积物源来自拉张带两侧山体的风化剥蚀物为主,属于短距离运移、快速就近堆积的沉积作用方式^[33~35]。

盆地初始拉张阶段,以冲积扇为主要形式的粗碎

屑沉积和较浅水沉积构成盆地早期退积型叠置序列;中期,盆地扩张加速,并逐渐转为拗陷盆地,湖水面扩大(湖侵),湖盆边缘有粗碎屑沉积,盆内则表现为细粒碎屑沉积和深水沉积等湖泊相加积叠置序列;晚期萎缩阶段,由河流相为主的粗粒沉积和浅水沉积构成进积型叠置序列。

4 沉积盆地动力学演化

4.1 沉积盆地动力学背景及其演化

Zhou Ximin 等^[16]研究认为,中国东南部地区在晚中生代曾经发生过一次俯冲板块俯冲角由大约 10 增大到 80 的巨大转变作用;这一转变,对该地区的地质构造及火山作用有重要影响。资料表明,古太平洋在 135~85 Ma 期间朝东亚陆缘低角度的快速俯冲,使大洋板块下插到很远的大陆之下,形成宽达上千千米的火山岩带^[16~23],赣杭地区早白垩世早期的火山岩带可能就形成于这样的背景之下。岛弧区力学分析研究表明,海沟与岩浆弧之间为挤压应力区,弧后为拉张应力区。仰冲板块相对于俯冲带后退引起后缘扩张,赣杭带于早中生代受南北挤压而集聚的应力在该阶段得以释放,白垩纪盆地就是在这样一种背景下形成。对盆地红层下部夹层玄武岩的详细研究^[36]表明,赣杭带早白垩世晚期玄武岩形成于板缘快速拉张环境,Nd、Sr 同位素组成特征表明来源于有壳源混染的富集地幔,而这种壳源混染又与板块俯冲相联系。

随后,板块汇聚速度逐渐降低,俯冲板块俯冲角逐渐变陡,岩浆弧逐渐向东(向洋)迁移,一直到台湾。持续的岩浆弧迁移导致中国东南部形成大面积的晚中生代火成岩;而在湖南和江西中南部,弧后拉张作用形成大规模的、沉积物厚度超过万米的红层盆地。赣杭带以南区域发育较多的火山岩或火山碎屑岩,而以北区域发育较多陆相碎屑岩的原因,也都归咎于此。

4.2 沉积盆地与两侧山岭的耦合关系

赣杭带红色盆地与南北两侧山岭的耦合关系通过沉积物源的分析便能得到很好的验证。俯冲带后缘拉张断陷,其正断层下盘一侧的裂隙肩部往往高出盆地数百米至 1~2 km,断崖地貌的风化剥蚀既提供沉积物源,其陡与缓的差异又直接影响到沉积作用的差异^[37]。早期两侧山岭较陡,易于风化剥蚀,粗大角砾直接沉积,往往形成不同规模的冲积扇和扇三角洲;随着持续的伸展作用,沉积盆地不断扩大,两侧山

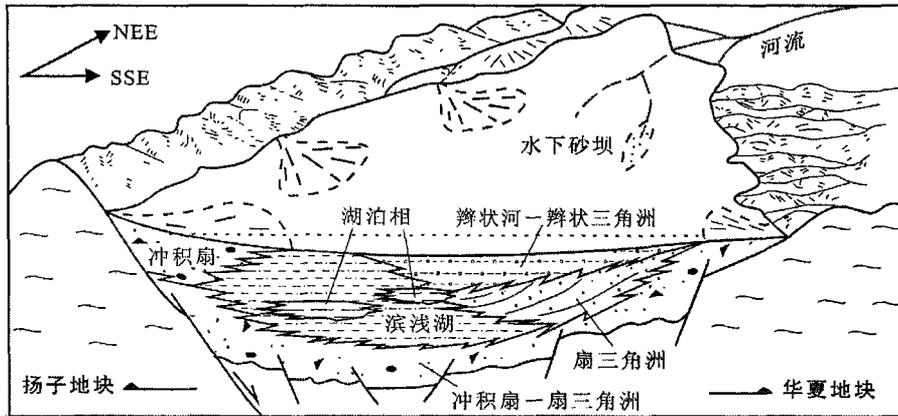


图 6 赣杭带红色盆地沉积模式示意图

Fig 6 Sedimentary model of the red basins from the Ganhang belt

岭逐渐夷平,剥蚀物经过一定距离搬运,颗粒变细,沉积速率减慢,其沉积相组成就与前述不同。而当盆地逐渐萎缩时,盆地减少了对沉积物源的依赖,两侧山体也不再为沉积物源作贡献。

总之,山脉的构造演化对盆地的沉降与沉积作用有强烈的控制作用,盆地本身的发展也对山脉的隆升与侵蚀施加影响。它们的动力学机制均归属于太平洋板块的俯冲作用。

5 赣杭带红色盆地原型分析

5.1 两期沉积盆地原型

从上述分析可知,除去晚期萎缩阶段,赣杭带红色盆地可以分为早期断陷盆地和晚期拗陷盆地,它们的动力学背景相近,在纵向上复合而形成复合盆地。

早期主要在早白垩世晚期,表现为箕状断陷盆地,北界为向 SE 倾斜的正断层,南界为超覆不整合;沉积物源以就近堆积的风化剥蚀物为主,夹有强烈拉张形成的幔源玄武岩。晚期扩张加剧,沉积范围扩大,拗陷加深,不仅南缘继续超覆,北缘也大多超越了断层边界,使得上覆细屑沉积物直接超覆在边缘基底地层之上,仅局部保留了断层边界。

随着沉积物的不断充填,盆地逐渐萎缩,最终完成盆地演化历史。

5.2 沉积模式

综合上述分析,可以得到赣杭带红色盆地大致的沉积模式(图 6)。

6 小结

(1)赣杭带早白垩世晚期以来的红色盆地可以

分为两期原型盆地:早期阶段表现为箕状断陷盆地,主要发育在早白垩世晚期,北界为向 SE 倾斜的正断层,南界为超覆不整合;沉积物源以就近堆积的风化剥蚀物为主,夹有强烈拉张形成的幔源玄武岩。晚期为拗陷盆地,沉积范围扩大,不仅南缘继续超覆,北缘也大多为超覆不整合,仅局部保留了断层边界。

(2)赣杭带红色断陷盆地的形成和演化过程中,太平洋板块的俯冲作用起着主动的、决定性的作用。随着俯冲带不断向东迁移^[16],俯冲角度逐渐变陡,动力学体制发生了从强烈挤压向拉张伸展应力状态的转变,大陆地壳和岩石圈大规模拉张减薄,形成了弧后伸展断陷盆地。

参考文献 (References)

- 1 刘和甫. 沉积盆地地球动力学分类及构造样式分析. 地球科学, 1993, 18(6): 699 ~ 724 [Liu Hefu. Dynamic classification of sedimentary basins and their structural styles. Earth Science, 1993, 18(6): 699 ~ 724]
- 2 刘和甫. 中国沉积盆地演化与旋回动力学环境. 地球科学, 1996, 21(4): 345 ~ 356 [Liu Hefu. Cycle-geodynamic scenario and evolution of sedimentary basins in China. Earth Science, 1996, 21(4): 345 ~ 356]
- 3 刘和甫, 李小军, 刘立群. 地球动力学与盆地层序及油气系统分析. 现代地质, 2003, 17(1): 80 ~ 86 [Liu Hefu, Li Xiaojun, Liu Liqun. Integrated analysis of geodynamic scenarios, basin sequences and petroleum system. Geoscience, 2003, 17(1): 80 ~ 86]
- 4 李思田. 沉积盆地的动力学分析——盆地研究领域的主要趋向. 地质前缘, 1995, 2(3-4): 1 ~ 8 [Li Sitian. Geodynamics of sedimentary basins—the main trend of basin research. Earth Science Frontiers, 1995, 2(3-4): 1 ~ 8]
- 5 孙加鹏, 张兴洲, 杨宝俊. 中国东部中生代盆地成因及其地球动力学. 世界地质, 1997, 16(3): 1 ~ 6 [Sun Jiapeng, Zhang Xingzhou, Yang Baojun. Cenozoic basins in eastern China: tectonic and geodynamic evolution. World Geology, 1997, 16(3): 1 ~ 6]

- Yang Baojun. Formation of the Mesozoic and Cenozoic basins and geodynamics in east of China. *World Geology*, 1997, 16(3): 1~6]
- 6 冯有良, 李思田, 解习农, 陆相断陷盆地层序形成动力学及层序地层模式. *地质前缘*, 2000, 7(3): 119~132 [Feng Youliang, Li Sitian, Xie Xinong. Dynamics of sequence generation and sequence stratigraphic model in continental rift - subsidence basin. *Earth Science Frontiers*, 2000, 7(3): 119~132]
- 7 张渝昌. 中国含油气盆地原型分析. 南京: 南京大学出版社, 1997. 1~450 [Zhang Yuchang. Prototype analysis of petroliferous basins of China. Nanjing: Publishing House of Nanjing University, 1997. 1~450]
- 8 舒良树, 周新民. 中国东南部晚中生代构造格架. *地质论评*, 2002, 48(3): 249~260 [Shu Liangshu, Zhou Xinmin. Late Mesozoic Tectonism of Southeast China. *Geological Review*, 2002, 48(3): 249~260]
- 9 舒良树, 卢华复, Charvet J, 等. 武夷山北缘断裂带运动学研究. *高校地质学报*, 1997, 3(3): 282~292 [Shu Liangshu, Lu Huafu, Charvet J, et al. Kinematic study of the northern marginal fault zone of Wuyishan, south China. *Geological Journal of China Universities*, 1997, 3(3): 282~292]
- 10 舒良树, 卢华复, 贾东, 等. 华南武夷山早古生代构造事件的⁴⁰Ar-³⁹Ar同位素年代研究. *南京大学学报(自然科学)*, 1999, 35(6): 668~674 [Shu Liangshu, Lu Huafu, Jia Dong, et al. Study of the⁴⁰Ar-³⁹Ar isotopic age for the early Paleozoic tectonothermal event in the Wuyishan region, South China. *Journal of Nanjing University (Natural Sciences)*, 1999, 35(6): 668~674]
- 11 邓家瑞, 张志平. 赣杭构造带前寒武纪构造格局的探讨. *铀矿地质*, 1997, 13(6): 321~326 [Deng Jianrui, Zhang Zhiping. Discussion on the precambrian structural framework of the Gan - Hang tectonic belt. *Uranium Geology*, 1997, 13(6): 321~326]
- 12 邓家瑞, 张志平. 赣杭构造带区域大地构造背景的探讨. *铀矿地质*, 1999, 15(2): 71~76 [Deng Jianrui, Zhang Zhiping. Discussion on regional geotectonic setting of Gan - Hang tectonic belt. *Uranium Geology*, 1999, 15(2): 71~76]
- 13 张星蒲. 赣杭构造带中生代火山盆地的形成和演化. *铀矿地质*, 1999a, 15(1): 18~23 [Zhang Xingpu. Formation and evolution of Mesozoic volcanic basins in Gan-Hang tectonic belt. *Uranium Geology*, 1999a, 15(2): 77~85]
- 14 张星蒲. 赣杭构造带中生代红色碎屑沉积盆地的形成和演化. *铀矿地质*, 1999b, 15(2): 77~85 [Zhang Xingpu. Formation and evolution of Mesozoic red basins in Gan-Hang tectonic belt. *Uranium Geology*, 1999b, 15(1): 18~23]
- 15 陈贵华, 杨卫明. 中国近东西向中生代火山岩带及其铀成矿作用. *铀矿地质*, 2001, 17(1): 18~23 [Chen Guihua, Yang Weiming. On sublatitudinal Mesozoic volcanic belts in China and their uranium metalogeny. *Uranium Geology*, 2001, 17(1): 18~23]
- 16 Zhou Xinmin, Li Wuxian. Origin of Late Mesozoic igneous rocks in Southeastern China: implications for lithosphere subduction and unroofing of mafic magmas. *Tectonophysics*, 2000, 326: 269~287.
- 17 王勇, 管太阳, 黄国夫, 等. 赣东北地区燕山晚期火山岩同位素年代学研究. *地球学报*, 2002, 23(3): 233~236 [Wang Yong, Guan Taiyang, Huang Guofu, et al. Isotope chronological studies of Late Yanshanian volcanic rocks in Northeast Jiangxi Province. *Acta Geoscientia Sinica*, 2002, 23(3): 233~236]
- 18 Engebretson D C, Cox A, Gorden R G. Relative motions between oceanic and continental plates in Pacific basin. *Geology Society of American Spec Paper*, 1985. 1~59
- 19 Gilder S A, Robert S C, Wu H R, et al. Cretaceous and Tertiary paleomagnetic results from Southeast China and their tectonic implications. *Earth and Planetary Science Letter*, 1993, 117: 637~652.
- 20 Maruyama S, Seno T. Orogeny and relative plate motions: example of the Japanese islands. *Tectonophysics*, 1986, 127: 305~329.
- 21 Masayuki E. Origins and drift histories of some microcontinents distributed in the eastern margin of Asian Continent. *Earth Science*, 2001, 55(2): 71~81
- 22 沈忠悦, 方大钧, 叶瑛, 等. 江山—绍兴碰撞带的磁组构特征及其构造地质意义. *科学通报*, 1999, 44(10): 1093~1098 [Shen Zhongyue, Fang Dajun, Ye Ying, et al. Magnetic componental features of the Jiangshan - Shaoxing Collision Zone and its tectonic significance. *Chinese Science Bulletin*, 1999, 44(10): 1093~1098]
- 23 廖群安, 李昌年, 王京名. 江绍断裂带晚侏罗世 S 型酸性火山岩特征及其地质意义. *地球科学*, 1999, 24(1): 63~68 [Liao Qun'an, Li Changnian, Wang Jingning. Characteristics and geological significance of S-type acid volcanic rocks in late Jurassic along Jiangshao Rift Zone. *Earth Science*, 1999, 24(1): 63~68]
- 24 王谦身, 江为为, 周文虎, 等. 屯溪—温州地区的重力场特征和岩石圈结构与构造. 见: 李继亮主编. 东南大陆岩石圈结构与地质演化. 北京: 冶金工业出版社, 1993. 234~237 [Wang Qianshen, Jiang Weiwai, Zhou Wenhui, et al. The gravitational characteristics and the lithospheric texture and structure of the Tunxi - Wenzhou region. In: Li Jiliang (ed.), *Structure and Geological Evolution of the Southeast Continental China*. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1993: 234~237]
- 25 俞云文, 徐步台, 陈江峰, 等. 浙东南中生代晚期火山岩 Nd 同位素组成及其地层学意义. *高校地质学报*, 2001, 7(1): 62~69 [Yu Yunwen, Xu Butai, Chen Jiangfeng, et al. Nd isotopic systematics of the late Mesozoic volcanic rocks from Southeastern Zhejiang Province, China: implications for stratigraphic study. *Geological Journal of China Universities*, 2001, 7(1): 62~69]
- 26 蔡正全, 俞云文. 浙江白垩系上部地层的划分与对比. *地层学杂志*, 2001, 25(4): 259~266 [Cai Zhengquan, Yu Yunwen. Subdivision and correlation of the upper beds of the Cretaceous system in Zhejiang. *Journal of Stratigraphy*, 2001, 25(4): 259~266]
- 27 浙江省地质矿产局. 浙江省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1985. 1~688 [Zhejiang Bureau of Geology and Mineral Resources. *Regional geology of Zhejiang Province*. Beijing: Geological Publishing House, 1985. 1~688]
- 28 田在艺, 韩屏. 渤海断陷盆地拉张量分析与油气潜力. *石油学报*, 1990, 11(2): 1~12 [Tian Zaiyi, Han Ping. Extension analysis on the Bohai faulted basin and its hydrocarbon potential. *Acta Petroli Sinica*, 1990, 11(2): 1~12]
- 29 陈丕基. 晚白垩世中国东南沿海沿岸山系与中南地区的沙漠化

- 和盐湖化. 地层学杂志, 1997, 21 (3): 203 ~ 213 [Chen Peiji Coastal mountains of southeast China, desertization and saliniferous lakes of Central China during the Upper Cretaceous Journal of Stratigraphy, 1997, 21 (3): 203 ~ 213]
- 30 蔡雄飞, 章泽军, 张志, 等. 赣东北白垩纪事件沉积作用. 沉积与特提斯地质, 2001, 21 (3): 71 ~ 75 [Cai Xiongfei, Zhang Zejun, Zhang Zhi, *et al* The Cretaceous event deposits in the northeastern Jiangxi Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2001, 21 (3): 71 ~ 75]
- 31 吴仁贵. 广丰松峰盆地的扇三角洲特征. 江西地质, 1999, 13 (4): 259 ~ 263 [Wu Rengui Features of fan delta in Songfeng Basin of Guangfeng County Jiangxi Geology, 1999, 13 (4): 259 ~ 263]
- 32 谢爱珍. 信江盆地晚白垩世沉积体系特征与圭峰群地层划分的讨论. 华东地质学院学报, 2001, 24 (1): 5 ~ 10 [Xie Aizhen Discussion about subdivision of Guifeng Group and sedimentary system and character of facial model in late Crataceous in Xinjiang Basin Journal of East China Geological Institute, 2001, 24 (1): 5 ~ 10]
- 33 张志, 廖群安. 江西信江白垩纪陆相盆地地质作用与构造演化. 中国区域地质, 2000, 19 (1): 38 ~ 42 [Zhang Zhi, Liao Qunan Geological process and tectonic evolution of the Cretaceous Xinjiang terrestrial basin, Jiangxi Province Regional Geology of China, 2000, 19 (1): 38 ~ 42]
- 34 吕学斌. 金衢盆地沉积环境演变. 山地研究, 1993, 11 (1): 15 ~ 22 [Lü Xuebin Evolution of sedimentary environment of Jinhua - Quzhou basin, Zhejiang Province Mountain Research, 1993, 11 (1): 15 ~ 22]
- 35 陶小风, 刘登忠, 朱利东. 陆相盆地沉积作用与构造作用的关系. 沉积学报, 2001, 19 (3): 410 ~ 414 [Tao Xiaofeng, Liu Dengzhong, Zhu Lidong Relationship between sedimentary process in terrestrial basin and tectonic process Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19 (3): 410 ~ 414]
- 36 余心起, 舒良树, 颜铁增, 等. 江山—广丰地区早白垩世晚期玄武岩的岩石地球化学及其构造意义. 地球化学, 2004, 33 (5): 465 ~ 476 [Yu Xinqi, Shu Liangshu, Yan Tiezeng, *et al* Geochemistry and its tectonic significance for basalts of Late Period of Early Cretaceous from Jiangshan - Guangfeng, SE China Geochimica, 2004, 33 (5): 465 ~ 476]
- 37 李继亮, 肖文交, 闫臻. 盆山耦合与沉积作用. 沉积学报, 2003, 21 (1): 52 ~ 60 [Li Jiliang, Xiao Wenjiao, Yan Zhen Basin-range coupling and its sedimentation Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21 (1): 52 ~ 60]

Prototype and Sedimentation of Red Basins along the Ganhang Tectonic Belt

YU Xin-qi¹ SHU Liang-shu¹ YAN Tie-zeng² ZU Fu-ping¹

1 (Department of Earth Sciences of Nanjing University, Nanjing 210093)

2 (Zhejiang Geological Survey, Xiaoshan, Zhejiang 311203)

Abstract Basin prototype belongs to the tectonic property when sedimentation occurs. The method of prototype analysis is just used to distinguish one stage basin types from the other stages. Other than working on the volcanical-fault basins of the first circle produced in the late Jurassic-early period of early Cretaceous, this paper discussed on the prototype and sedimentation of red fault basins along the Ganhang Tectonic Belt of the second circle, they produced after late period of early Cretaceous. There is a series of red fault basins at the center of the Ganhang Tectonic Belt, such as the Fuzhou-Chongren Basin, Xinjiang Basin, Jinhua-Quzhou Basin and Zhuji Basin, distributing northeastward and mostly contacting each other in there two ends. Combining with the regional extension background manifested by the basalts at the bottom of red beds, these basins started at the late period of early Cretaceous, and almost every basin displayed an one-tendency fault basin in geometry, which are all restricted within the normal fault in the north and unconformable boundary in the south. By the middle-late period of late Cretaceous, all basins turned into depressive basins, thus the sediments overlay on the basement of the two sides, and there are some self-generating dolomite, marlite and claystone deposit in the centre. In the evolutionary process of the red fault basin, the fluvial sedimentation plays a much important role than any other ways of deposition. The sedimentary facies vary from lake facies to fan facies, delta facies and fluvial facies, etc. This assembly is the basic sedimentation type of an extensional fault basin, and the changing model reflects the evolutionary process of the fault basin from initial extension (deep lake) to final wither (ground river).

Key words Basin prototype, fault basin, depression basin, Ganhang Tectonic Belt, sedimentation, late period of early Cretaceous - late Cretaceous