

文章编号:1672-9854(2009)-01-0033-08

桂中坳陷改造期构造样式及其成因

吴国干¹, 姚根顺², 徐政语², 郭庆新², 陈子焯²

(1 中国石油天然气股份有限公司勘探与生产分公司; 2 中国石油杭州地质研究院)



吴国干

摘要 桂中坳陷的构造演化一般划分为原型期和改造期两大阶段。改造期主要属于挤压构造样式,目前的研究还相对比较薄弱。从大地构造动力学背景入手,结合区域地质事件,按照盆地发育世代与造山带演化阶段,综合近期野外地质调查与深层地球物理勘探成果等,分析了改造期挤压构造样式。主要有三大区域性冲褶变形构造系,包括大瑶山逆冲推覆构造系,右江逆冲推覆构造系以及雪峰山隆起南缘重力滑覆构造系。总体上,负向地形多褶皱紧闭,正向地形形成相对宽缓的箱状复式背斜褶皱;深层主要发育有基底断裂卷入引发的冲起构造以及与断层相关的断弯、断展、滑动等褶皱样式,浅层有逆冲推覆、纵弯、叠加等褶皱样式。目前桂中坳陷受到东西两侧剪切、向南拉张的应力作用。

关键词 构造样式; 构造解释; 构造演化; 桂中坳陷

中图分类号: TE111.2 **文献标识码**: A

吴国干 1962年生,博士,教授级高级工程师。1983年毕业于华东石油学院石油地质专业,长期从事构造与石油地质综合研究工作。发表有《新疆塔克札勒蛇绿混杂岩中安山岩的地球化学特征及其构造环境》、《塔里木东北地区盆地耦合及其对油气成藏的控制》等10余篇论文。通讯地址: 100007 北京市东城区东直门北大街9号石油大厦

桂中坳陷是滇黔桂盆地东北部的一个次级构造单元,在大地构造上处于扬子陆块南缘与华南加里东褶皱带的结合部位,位于特提斯与滨太平洋两大构造域的复合地带。滇黔桂盆地是晚古生代在华南加里东褶皱带基础上经断陷、裂离等逐渐演化形成的扬子被动大陆边缘裂陷盆地,其成生发展过程与其西侧特提斯构造域的系列洋盆演化有着紧密的联系^[1-3]。

桂中坳陷勘探程度总体不高。2003—2005年,中国石油大港油田分公司在坳陷中部通过地震方法实验攻关,获取了资料品质相对较好的二维测线17条,局部测网密度达到3×3 km²。据不完全统计,坳陷区目前共钻各类探井47口,其中1000m以上的深井有7口,见气与沥青显示井11口。以2007年完钻的桂中1井为最深,完钻井深5151.86 m,完钻层位

为下泥盆统那高岭组(D_{1n}),主要目的层段含油气与沥青显示井段累计700余米。这些成果充分显示桂中坳陷具备油气形成的基本石油地质条件,值得进一步研究与勘探,是南方进行油气资源评价与战略选区的重要地区之一。

构造解析与研究一直是南方油气资源评价工作的重点内容之一,对桂中坳陷的构造演化一般划分为原型期和改造期两大阶段。原型期属于伸展构造样式,前人已分析较多,主要是结合地层、沉积相研究成果建立了较系统、较典型的中国南方被动陆缘裂谷盆地沟、台构造-古地理模式^[1];改造期属于挤压构造样式,目前的研究还相对比较薄弱。笔者结合近期野外地质调查与深层地球物理勘探成果等对桂中坳陷改造期的构造样式给予初步分析与探讨。

收稿日期:2007-11-06

本文为国土资源部全国油气资源战略选区调查与评价项目(编号XQ-2007-01)资助成果。参加本项目的人员还有祝文亮,孙辉,王伟锋,王鹏万,蒙绍兴,贺训云,高勇,付立新,王建华,郑丁,刘东成等

1 桂中坳陷构造格局

桂中坳陷依盖层沉积环境、后期构造变形组合特点及样式,构造单元总体可以划分为“四凹三凸一斜坡”,即环江浅凹、宜山断凹、红渡浅凹、象州浅凹,

马山断隆、罗城低凸起、柳江低凸起以及柳城斜坡,共8个次级构造单元(图1)。

结合构造纲要图(图2)分析,坳陷内部主要发育有NNE—NE、NW、近EW以及近SN向四组构造线。

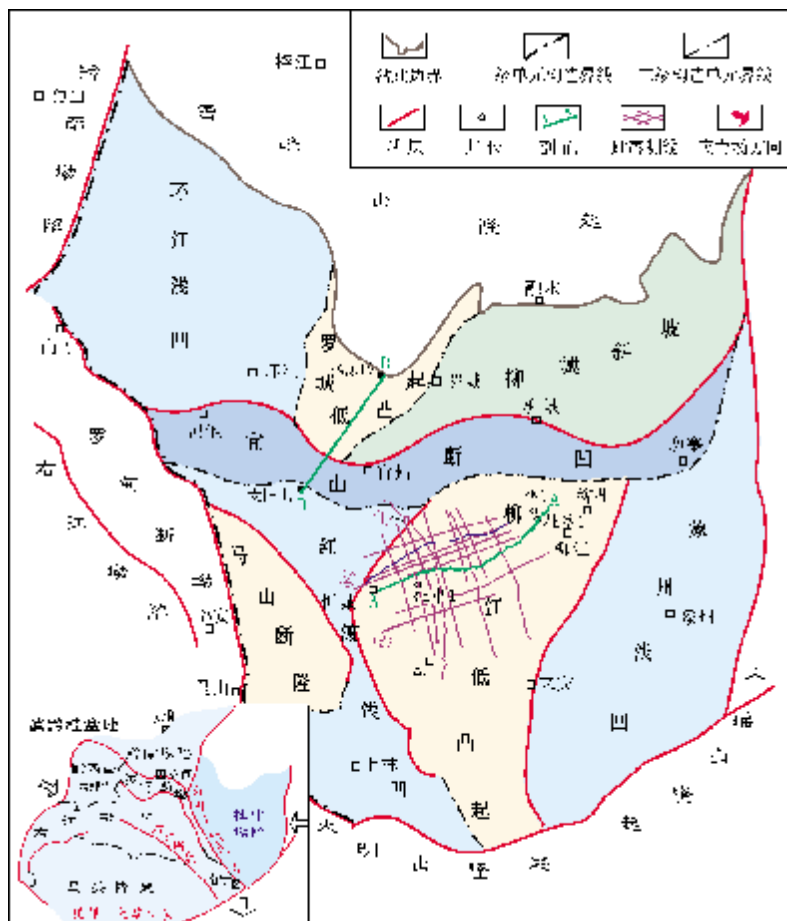


图1 桂中坳陷构造单元划分

地震测线编号: ① GZ03-5xx; ② GZ03-2xx; ③ GZ05-1x

坳陷中南部近EW向构造线分别被NNE—NE与NW向两组构造线切割,且NW向构造线切割NNE—NE向构造线。这表明近EW向构造线形成时间最早,大致限定在晚古生代末至中生代初(即印支、华夏与扬子三陆块汇聚,古特提斯洋封闭时期)——印支期;NNE—NE向构造线形成时间其次,大致在中生代中期古太平洋板块向欧亚大陆俯冲期——早燕山期;NW向构造线形成时间稍晚,主体与红河—哀牢山缝合带走滑断裂形成期基本同期,即晚燕山期。近SN向构造线形成时间最晚,为喜马

拉雅期。

坳陷北部的近EW向宜山弧型构造线,即河池—宜州大断裂展布区,显现NNE—NE与NW向两组构造线同时受近EW向构造线限定的特征,表明其雏型形成时间可能较早,大约在印支期,定型期时间相对较晚,在晚喜马拉雅期。

2 桂中坳陷构造样式

按成盆动力学环境,桂中坳陷构造变形可以划分为原型期伸展与改造期挤压两种样式。

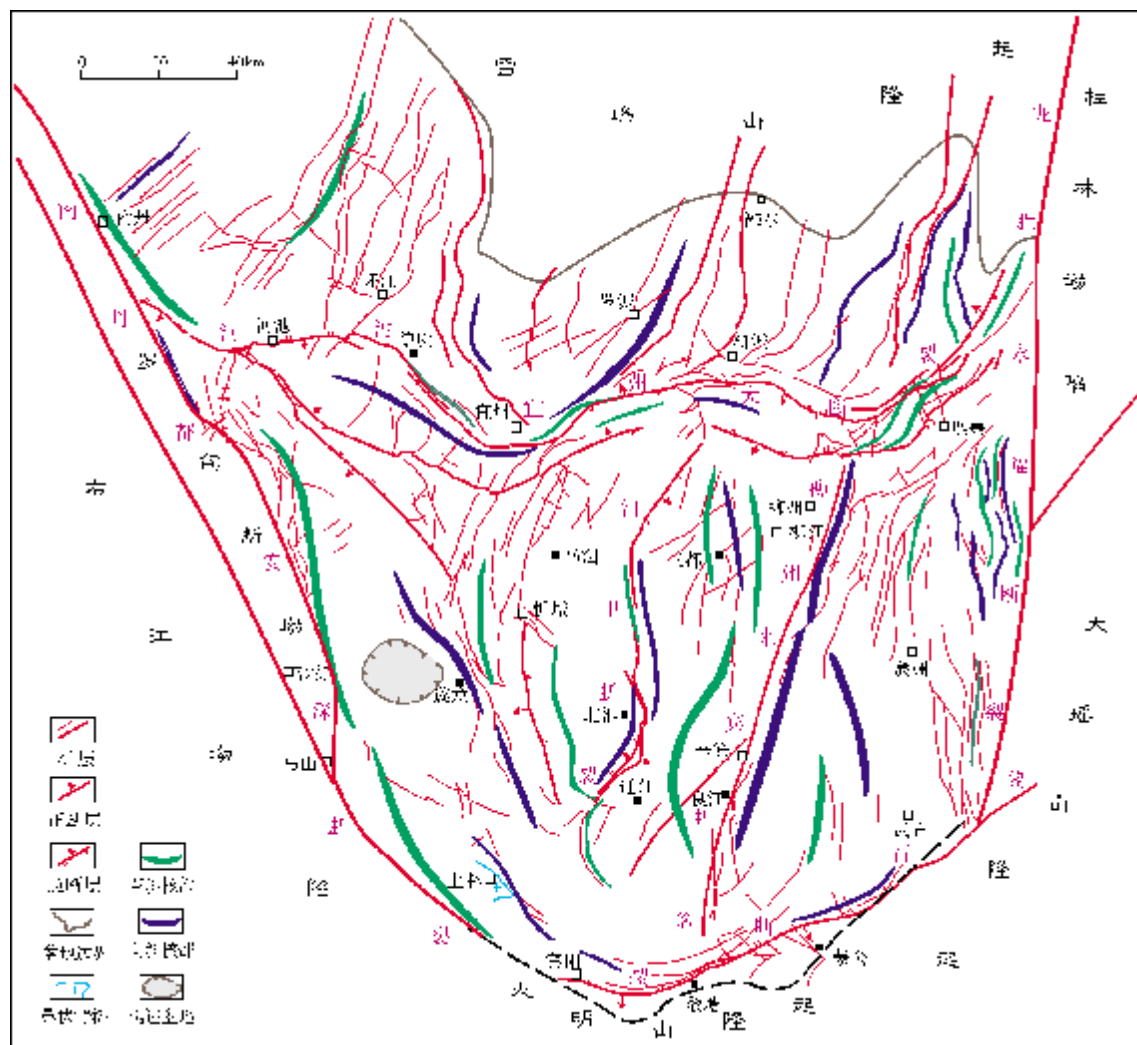


图2 桂中地区构造纲要图

2.1 原型期伸展构造样式

晚古生代初期, 扬子克拉通南缘因受西侧昌宁—孟连洋、金沙江—哀牢山洋扩张活动影响, 首先在滇黔桂一带裂陷成陆缘裂谷盆地^[2], 经早泥盆世中—晚期、中泥盆世强烈伸展与扩张活动后, 发育了北西向与北北东—北东向两组断裂, 海侵范围不断扩大, 盆地范围逐渐扩展, 桂中、桂西地区台沟与台地相互交织交错的地理地貌景观逐步显现。中泥盆世海水处于相对较深时期, 桂中坳陷基本成型。

晚泥盆世—石炭纪, 断裂活动逐渐减弱, 断层处于相对稳定的平静期, 盆地内台沟逐渐被充填, 台沟区范围逐渐萎缩、减小, 盆区海水总体变浅, 处于台

地相对发育期, 以蒸发环境为特征。

早—中二叠世, 受扬子克拉通西缘地幔柱喷溢活动影响, 滇黔桂进入“地裂”活动阶段, 桂中坳陷断裂活动逐渐复苏, 海侵范围进一步扩展, 海水不断加深, 成为晚古生代最大海泛期, 滇黔桂盆地基本定型, 并与赣湘桂盆地、下扬子裂陷盆地连成一体, 成为中国南方贯通东西、分隔扬子与华夏两大克拉通的天然界线。

晚二叠世—中三叠世, 随着甘孜—理塘洋的打开, 金沙江—哀牢山洋^[1]、钦防海槽的逐渐封闭以及扬子与华夏陆块的拼合^[4-6], 滇黔桂裂陷盆地逐渐进入前陆盆地发育世代。

前人总结的原型期活动期间桂中坳陷伸展构造

样式主要有双断地堑型台沟模式^[6]、单断箕状型台沟模式^①以及地垒型孤立台地模式^[7]等。

2.2 改造期区域冲褶变形组合样式

进入晚侏罗世以来,由于受燕山中、晚期西太平洋板块向欧亚大陆东部俯冲作用以及喜马拉雅期印度板块与欧亚板块拼贴碰撞的联合作用影响,桂中坳陷早期发育的张扭性正断层逐渐反转为系列压扭性逆断层,断裂沿线出现了系列火山与岩浆侵入活动;同时,还伴生了系列中、新生代小型断陷湖盆,坳陷区由此进入原型盆地改造与中、新生代残留盆地发育世代,今构造格局与样式逐渐形成。受其影响,坳陷区伴生了系列低温金属成矿^[8]与油气成藏等后生地质事件。

从盆地变形组合尺度,按照冲褶构造变形格局、力源及区域动力学背景等方面进行综合分析,笔者认为现今残留盆地东南与西南边缘发育的十万大

山—云开大山造山带和哀牢山造山带分别是滇黔桂盆地自晚古生代末依次进入改造期以后逐渐形成的盆地边界,因此自然是构成现今盆地及桂中坳陷改造期的东、西边缘逆冲推覆构造系的力源终点,而在两大造山带前缘逐渐形成的大瑶山与右江两大逆冲推覆构造系则是印支、燕山、喜马拉雅等多期构造活动的结果,两者在今盆地东北桂中坳陷中部形成对冲格局(图3)。坳陷以北的江南造山带,由于受印支期以来的持续逆冲推覆及隆升作用影响,在雪峰山隆起南端逐渐形成了系列具有特色的重力滑覆冲褶变形构造样式(图4)。大瑶山、右江逆冲推覆构造系以及雪峰山隆起南缘重力滑覆构造系在形成期间因应力场调节作用影响,局部地区在短暂历史时期可能伴生有伸展与走滑构造样式^①。

总体上,桂中坳陷地区自改造期以来形成了三大冲褶变形构造系,具体介绍如下。

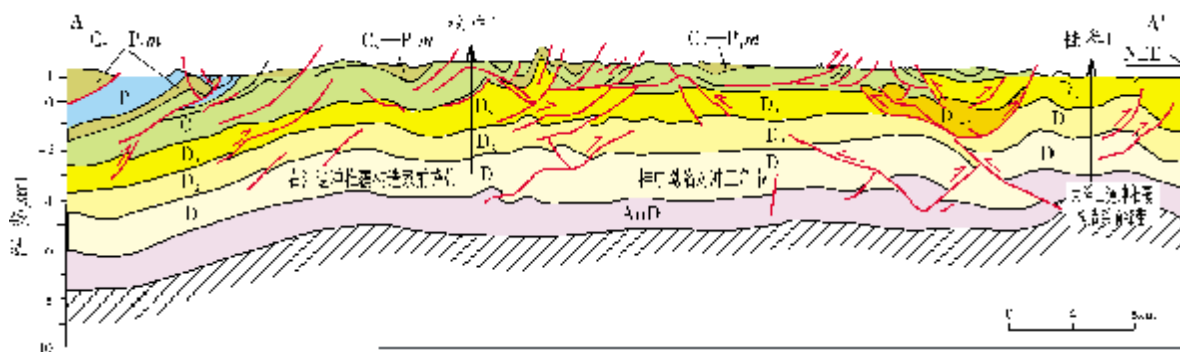


图3 桂中坳陷 GZ03-2xx测线地震-地质综合解释剖面示意图(据大港油田2006,修改)

A—A'剖面位置见图1。P_{1m}茅口组

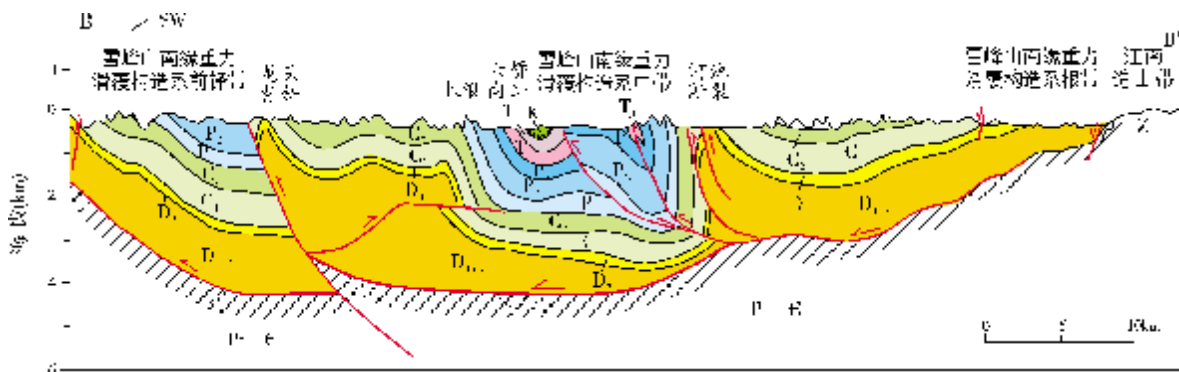


图4 桂中坳陷西北部太阳山—杨家岭物探综合解释大剖面

B—B'剖面位置见图1

① 汪新文,白忠峰,汪新伟,等. 桂中坳陷构造特征及其与油气关系研究. 中国石油天然气股份有限公司大港油田分公司勘探事业部,2006.

大瑶山逆冲推覆构造系 位于桂中坳陷东南缘,以坳陷东南侧十万大山—云开大山晚海西—印支期造山带为根带^[9],大瑶山及桂中坳陷东部象州浅凹为中带,桂中坳陷中部柳江低凸起东部的柳州背斜带为锋带(图 1,图 3)。

右江逆冲推覆构造系 位于桂中坳陷西南缘,以坳陷西南侧哀牢山造山带为根带,右江坳陷为中带,以桂中坳陷中—西部马山断隆至中部柳江低凸起西缘的大塘背斜带为锋带(图 1,图 3)。

雪峰山隆起南缘重力滑覆构造系 位于桂中坳陷北部,以江南造山带雪峰山隆起南端为根带,环江浅凹—罗城低凸起—柳城斜坡为中带,坳陷中北部

宜山断凹为锋带(图 1,图 4)。

2.3 改造期局部变形构造样式

从桂中坳陷内现有的盖层挤压变形平面组合看,主要发育有 NNE—NE、NNW—NW、近 EW 以及近 SN 向四组褶皱。其中北部多 NE 向,中东部近 SN 向,中北部宜州一带近 EW 向,西部南丹—都安—马山一线呈 NNW—NW 向(图 2)。总体上,负向地形单元区多褶皱紧闭,形成相对窄、陡的槽状复式向斜褶皱样式,如坳陷西部红渡浅凹中部的乔贤向斜(图 5);正向地形单元区则形成相对宽缓的箱状复式背斜褶皱样式,如坳陷中部柳江低凸起北部的三都与柳江背斜(图 6)。

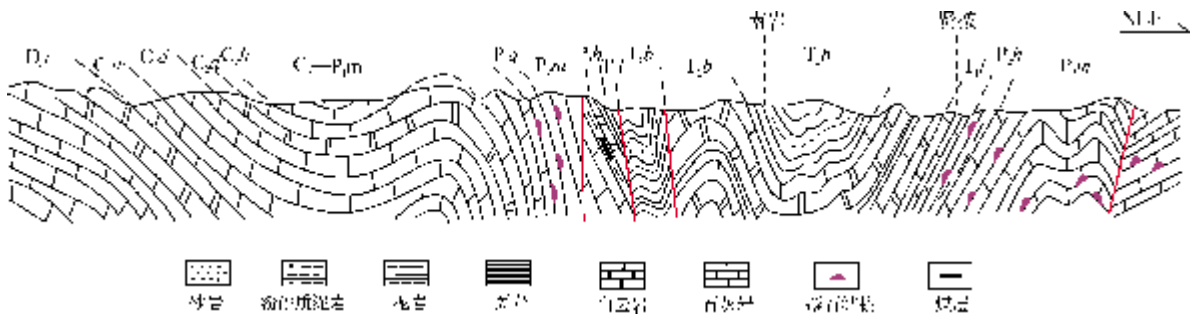


图 5 桂中坳陷上林乔贤向斜剖面^[11]

D₃ 融县组; C_{3y} 岩关阶; C_{3d} 大塘阶; C_{2h} 黄龙组; P_{1q} 栖霞组;
P_{1m} 茅口组; P_{2h} 合山组; T_{1l} 罗楼组; T_{2b} 北泗组; T_{3b} 中三叠统上段

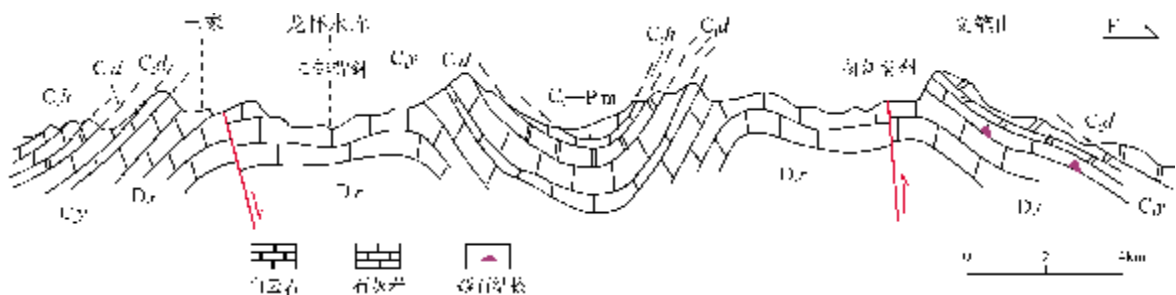


图 6 桂中坳陷三都背斜剖面^[11]

D₃ 融县组; C_{3y} 岩关阶; C_{3d} 大塘阶; C_{2d} 大埔组; C_{2h} 黄龙组; P_{1q} 栖霞组; P_{1m} 茅口组

结合坳陷内部次级构造带变形组合格局分析,桂中坳陷腹部深层主要发育有基底断裂卷入引发的冲起构造以及与断层相关的断弯、断展、滑动等褶皱样式(图 7—图 9)。浅层有逆冲推覆、纵弯、叠加等褶皱样式,坳陷边缘、台沟回返区、造山带前缘主要以压扭性大型断裂及其相关褶皱与变形叠加褶皱样式为主(图 10)。

3 构造样式成因解析

由上分析可见,桂中坳陷区域构造背景经历了由古特提斯时期的相对稳定向滨太平洋时期相对活动的转化,盆地形成的应力场环境经历了从大陆裂谷—边缘裂谷—弧后区的转变^[12-13],具有多世代盆地叠合与多期造山带联合、复合的区域动力学地质

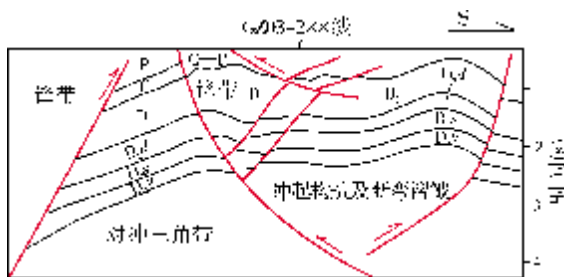


图7 GZ03-5x线地震资料解释剖面图
D₁ 郁江组; D₂ 四排组; D₄ 东岗岭组

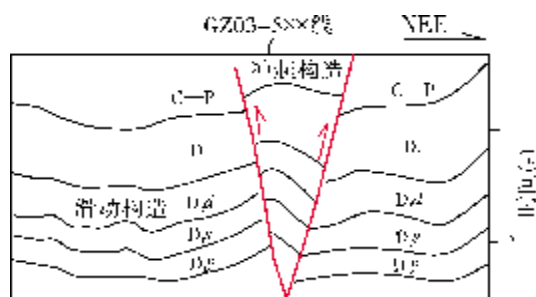


图8 GZ05-1x线地震资料解释剖面图
D₁ 郁江组; D₂ 四排组; D₄ 东岗岭组

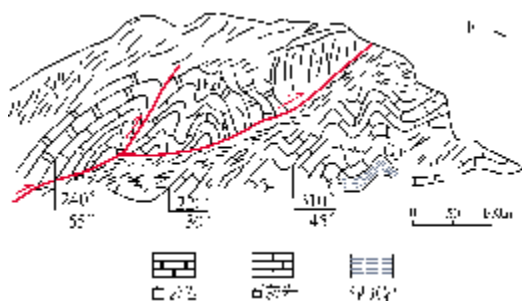


图9 桂林市东郊白竹镜水库断展褶皱及断滑褶皱素描
D₄ 东岗岭组; C₁ 岩关阶



图10 鹿寨县城东部下石炭统页岩内部平卧叠加褶皱及双重构造素描

背景。结合现今桂中坳陷部分向斜内残留的中—新生代小型湖盆沉积地层记录,大型断裂带成矿、伴生热液活动与火山、岩浆侵入活动等记录,以及前人的一些研究成果,笔者经综合分析认为桂中坳陷原型盆地的改造主要经历了印支、燕山、喜马拉雅等三期构造事件。

3.1 印支期

印支早期(晚二叠世—中三叠世) 由于受扬子与华夏陆块以及印支与华南陆块拼合、碰撞作用的影响,华南陆块开始进入陆内造山及大陆边缘盆地发育世代。中三叠世后期,随着造山作用的持续,华南陆块发生强烈陆内汇聚挤压作用,桂东与湘东南、湘粤赣边区一道形成了系列近 NNE—EW 向逆冲断裂与褶皱,以及 NW 向的基底走滑断裂等^[14]。

印支晚期(晚三叠世) 随着陆内汇聚挤压作用的持续,华南进入陆内造山活跃期及前陆盆地发育世代,加上桂中坳陷上古生界“软(下泥盆统、石炭系底、中二叠统底、上二叠统底碎屑岩)硬(中—上泥盆统、石炭系、二叠系碳酸盐岩)”间互与叠置的地层介质条件^[3],沉积盖层开始进入陆壳缩短的重要历史时期。具体体现为自盆缘山前向盆地内部发育以下泥盆统泥质碎屑岩为滑脱面的逆冲推覆与重力滑覆的薄皮构造,在桂中坳陷北部形成围绕雪峰山的山前裙边,坳陷西缘平行于红河—哀牢山造山带,坳陷东南平行于华南造山带(十万大山—云开大山),在山前形成前陆冲断褶皱带与逆冲推覆构造系^[14-15],呈现出在桂中坳陷的东、西、北三面褶皱隆升,向桂中地区冲褶-推覆、滑覆的不均匀变形收缩构造,为桂中坳陷现今构造格架雏形的形成奠定了基础。

3.2 燕山期

燕山早期(晚三叠世末—早侏罗世) 华南造山带受对山根的均衡补偿产生的隆升和陡的地形梯度诱发的应力作用所驱动,形成同造山上隆伸展,发育类前陆盆地^[5]。区域构造体制转换为拉张,形成系列 NNE 向的伸展断裂与受断裂控制的裂陷盆地与拉斑玄武岩,指示晚三叠世末—早侏罗世为同造山上隆伸展构造环境,形成裂陷盆地与拉斑玄武岩。中侏罗世初期转入挤压环境,形成山前冲断收缩盆地及盆地边缘的逆冲断裂^[14]。

燕山中期(中侏罗世早期—晚侏罗世) 随上隆伸展作用的持续, 华南造山带逐渐调整进入后造山阶段, 桂东与湘东南、湘粤赣边区转入 **NNE** 向左旋汇聚走滑造山时期, 发育大量后造山花岗岩以及与花岗岩相关的大量有色金属矿床。一些深大断裂(如龙胜—永福断裂等)以走滑(兼挤压)为主, 与其两侧派生的逆冲断裂组成正花状构造。先期裂陷盆地受边缘逆冲断裂控制而发生构造性质反转, 成为山前冲断收缩盆地, 于盆地中充填了粒度较粗的类磨拉石建造, 如桂东慕城、西湾等侏罗纪盆地。逆冲断裂造成其前缘盆地(断裂下盘)中沉积岩层呈倾向断裂的单斜构造, 这种盆地与盆缘断裂的构造样式以桂东汝城盆地最为典型^[14]。

燕山晚期(白垩纪) 随着后造山作用的持续, 华南地壳开始伸展、减薄, 造山带逐渐垮塌、裂解、调整, 进入非造山—陆内裂谷发育阶段, 形成大量大小不一的陆相红色断陷盆地。其中规模较大的有十万大山盆地、社步盆地、合浦盆地等, 规模较小的有永福盆地、来宾盆地等^[14], 主要充填红色砂砾岩、砂岩、泥岩等, 局部发育古近纪泥灰岩。控盆断裂为伸展正断裂, 主要发育 **NNE** 向和 **NW** 向两组, 并以 **NNE** 向居主导地位。正断裂多由前期压(扭)性断裂反转演化而成, 同时伴随侵入 **AA** 型花岗岩、喷发基性火山岩及双峰式次火山岩等^[14]。

3.3 喜马拉雅期(新生代)

喜马拉雅期, 受太平洋板块西向俯冲, 印度次大陆与欧亚大陆碰撞、拼贴的联合作用, 以及南海扩张活动等影响, 华南造山带东隆西拗, 整体西向俯冲挤压。东南部武夷—云开地区强烈隆升剥蚀, 整个基底向西北掀斜。三江造山带表现出北挤东推向南走滑的特征, 右江坳陷不断褶皱隆升剥蚀、向东南逃逸, 右江断裂带沿线发育系列 **NW** 向新生代走滑拉分断陷盆地, 其中以百色盆地最为典型。桂中坳陷总体处于桂东与桂西冲断褶皱的复合隆升剥蚀区域, 缺失新生代沉积记录, 仅南部可能由于受南海扩张间歇性沉降活动影响形成了受 **NE** 向和 **NW** 向断裂控制的复合型断陷盆地, 以南宁盆地最为典型。这与广西及邻区(滇黔桂盆地)现今构造应力场的主压应力方向在西北为 **NW** 向挤压, 东侧沿海一带为 **EW** 向挤压, 南侧为向南拉张, 在桂中附近汇合形成过渡区域^[16]的特点极为吻合, 反映了

桂中坳陷现今基本的剪切—引张地球动力学环境(参见图 1 中的指示图)。

以上分析表明, 晚古生代形成的桂中坳陷自中生代以来先后经历了同造山—后造山—非造山(陆内裂谷)三大改造阶段。这些改造作用的叠加, 再加上地层“软硬”间互的介质条件, 在桂中形成了上、中、下三个构造层。其中, 下构造层以下古生界为主体, 主要发育双重构造与紧闭褶皱, 如融安县小东江—居洞板溪群剖面^[17]; 中构造层以上古生界为主体, 多发育拆离构造、冲起构造以及断弯与断展褶皱, 如桂中坳陷内部发育的构造与褶皱(图 4, 图 8, 图 9); 上构造层以中生界为主体, 多形成塑性叠加褶皱、断弯褶皱与逆冲推覆构造, 主要集中于坳陷内部复向斜区。陆壳缩短方式在坳陷西缘右江逆冲推覆构造系以体现西倾东冲的冲褶变形为主(图 3), 主构造层变形时间大体约束在印支期—燕山期。坳陷北部以北倾南冲的重力滑覆与推覆变形为主(图 4), 主构造层变形时间延续较晚, 大约至晚喜马拉雅期才定型。坳陷东缘以东倾西冲的逆冲推覆变形为主, 主构造层变形时间大体约束在晚二叠世—晚白垩世。桂中坳陷中部以发育对冲的“人”字形冲褶变形构造为特点, 见有典型的对冲构造三角带(图 7), 中、浅层主要发育反向冲断的断层相关褶断系, 构造线基本沿袭印支期特征, 与桂东云开大山、桂西右江褶皱带走向呈近于一致的耦合关系, 主体形成时间为印支期—燕山期。因此, 桂中西部主要发育 **NW** 向构造线, 东部发育近 **SN—NNE** 向构造线, 北部发育近 **EW** 向构造系, 中部复向斜区具有明显的转换调节功能, 是多期多方向应力场综合调整的结果。

参考文献

- [1] 曾允孚, 刘文均, 陈洪德, 等. 华南右江复合盆地的沉积构造演化[J]. 地质学报, 1995, 69(2): 113-124.
- [2] 陈洪德, 侯明才, 刘文均, 等. 海西—印支期中国南方的盆地演化与层序格架[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2004, 31(6): 629-635.
- [3] 梅冥相, 李仲远. 滇黔桂地区晚古生代至三叠纪层序地层序列及沉积盆地演化[J]. 现代地质, 2004, 18(4): 555-562.
- [4] 梁新权, 李献华, 丘元禧, 等. 华南印支期碰撞造山——十万大山盆地构造和沉积学证据[J]. 大地构造与成矿学, 2005, 29(1): 99-112.
- [5] 舒良树, 周新民, 邓平, 等. 中国东南部中—新生代盆地特征与构造演化[J]. 地质通报, 2004, 23(9-10): 876-883.

- [6] 黄宏伟,杜远生,黄志强,等. 广西丹池盆地晚古生代震积岩及其构造意义[J]. 地质论评,2007,53(5):592-599.
- [7] 徐胜林,尚云志,陈安清. 黔南—桂中地区泥盆系沉积体系研究[J]. 四川地质学报,2007,27(1):7-12.
- [8] 朱介寿,蔡学林,曹家敏,等. 中国华南及东海地区岩石圈三维结构及演化[M]. 北京:地质出版社,2005.
- [9] 丘元禧,梁新权. 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 [J]. 地质通报,2006,25(3):340-347.
- [10] 地质部广西壮族自治区地质局. 中华人民共和国区域地质测量报告: 1:200000 上林幅(F-49- I) [M]. 国营五四三厂印刷,1970.
- [11] 地质部广西壮族自治区地质局. 中华人民共和国区域地质测量报告: 1:200000 柳州幅(G-49- X X X II) [M]. 国营五四三厂印刷,1971.
- [12] 钟大赉. 滇川西部古特提斯造山带[M]. 北京:科学出版社,1998.
- [13] 殷鸿福,吴顺宝,杜远生,等. 华南是特提斯多岛洋体系的一部分[J]. 地球科学: 中国地质大学学报,1999,24(1):1-12.
- [14] 柏道远,黄建中,李金冬,等. 华南中生代构造演化过程的多地质要素约束——湘东南及湘粤赣边区中生代地质研究的启示[J]. 大地构造与成矿学, 2007,31(1):1-13.
- [15] 吴根耀. 滇桂交界区印支期前陆褶皱冲断带[J]. 地质科学,2001,36(1):64-71.
- [16] 李细光,史水平,黄洋,等. 广西及其邻区现今构造应力场研究[J]. 地震研究,2007,30(3): 235-240.
- [17] 地质部广西壮族自治区地质局. 中华人民共和国区域地质测量报告: 1:200000 融安幅(G-49- X X VI) [M]. 国营五四三厂印刷,1967.

编辑:吴厚松

Structural Patterns and Origin of Tectonic Reformation in Guizhong Depression

Wu Guogan, Yao Genshun, Xu Zhengyu,
Guo Qingxin, Chen Ziliao

Abstract: The tectonic evolution process in Guizhong depression is divided into two stages, the primary and the late reformed ones. According to basin generation and orogenic stages, structural patterns of compression during reformation are analyzed by tectonic dynamics along with field survey, deep geophysics and tectonic events. Three faulted-folded deformation systems are suggested, including the Dayaoshan and the Youjiang napping systems, and the southern Xuefengshan Uplift gravity gliding system. In general, the negative landform usually shows tight folds and the positive landform usually shows box folds. The east-westward shear stress and southward tensional stress are present in Guizhong depression.

Key words: Tectonics; Structural pattern; Structural interpretation; Structural evolution; Guizhong Depression

Wu Guogan: Doctor, Professor-post Senior Engineer. Add: Exploration and Production Company, PetroChina Company Ltd, 16 Ande Rd., Beijing, 100724 China