

DOI:10.16788/j.hddz.32-1865/P.2018.04.002

引用格式:黄昌旗,张开毕,石建基,等. 闽赣交界武夷山南段“桃溪穹隆”形变特征及构造演化探讨[J]. 华东地质,2018,39(4):252-260.

闽赣交界武夷山南段“桃溪穹隆” 形变特征及构造演化探讨

黄昌旗¹, 张开毕², 石建基³, 张 达⁴, 林子华⁵, 程 乔⁶, 赵举兴⁶

(1.福建省煤田地质局,福州 350000;2.福建省地质调查研究院,福州 350013;
3.福建省地质矿产勘查开发局,福州 350003;4.中国地质大学(北京),北京 100083;
5.中化地质矿山总局福建地质勘查院,福州 350013;6.福建省煤田地质勘查院,福州 350000)

摘要:“桃溪穹隆”由内核、中间层和盖层组成,发育岩石流变,韧性、韧脆性和脆性变形(断裂)。文章以“桃溪穹隆”内核、中间层和盖层为对象,通过研究其形变特征、运动形式及相互关系,探讨穹隆上隆的运动方式,结合沉积事件、岩浆活动和构造运动,阐述穹隆的形成机制和构造演化特征。“桃溪穹隆”于加里东期(志留纪末)隆升,华力西期一印支期(晚二叠世—中三叠世)大规模上隆,燕山期及后期继承性活动,主隆升期(华力西期一印支期)为逆时针旋转上隆。穹隆长期隆升是该区古元古代结晶基底出露的主要原因。

关键词:武夷山南段;桃溪穹隆;形变特征;构造演化

中图分类号:P542⁺.3

文献标识码:A

文章编号:2096-1871(2018)04-252-09

“桃溪穹隆”^[1]位于闽赣交界处武夷山的南段。《1:20万会昌幅(于都幅)区域地质调查报告》^①命名为“会昌环形构造”,《1:20万长汀幅区域地质调查报告》^②、《1:20万上杭幅区域地质调查报告》^③称为“桃溪旋卷构造”,也有研究者将其称为旋卷变质核杂岩^[2]、桃溪隆起^[3-4]和桃溪环状构造^[5]。2008年,美国南加州大学地球科学系 Davis G A 教授在该区考察调研,认为从变质核杂岩定义^[6]看,“桃溪穹隆”不是典型的变质核杂岩,但构造演化形变和运动形式与变质核杂岩相似,称为“片麻岩穹隆”或“岩浆穹隆”更合适。众多地质工作者也注意到,在福建一级构造单元南武夷晚古生代拗陷^[4](大致相当于闽西南地区)中,仅研究区发现出露较大面积的前震旦纪结晶基底(约 850 km²),在福建省区域地质图上,该结晶基底格外醒目。自加里东期以来,桃溪穹隆经历了多期构造和岩浆活动,其形成

和演化对成矿具有控制作用^[2-3,5]。本文系统梳理“桃溪穹隆”的形变特征和运动形式,根据地层、岩浆活动特征探讨“桃溪穹隆”的形变特征及构造演化特征。

1 区域地质背景

在华南地质构造单元分区中,研究区位于华夏地块次级构造单元武功—诸广褶皱带与武夷—云开褶皱带的结合部位^[7],主体基本位于三级构造单元闽西南—粤东北拗陷带中(图 1(a))。

在福建省地质构造单元分区中,研究区处于一级构造单元南武夷晚古生代拗陷中^[4],为独立的二级构造单元——桃溪隆起,北侧以南平—宁化构造岩浆带为界,与福建省另一个一级构造单元北武夷隆起区毗连。

* 收稿日期:2017-12-12 修订日期:2018-03-02 责任编辑:谭桂丽

基金项目:中国地质调查局“1:25万瑞金市幅区域地质调查(编号:199913000204)”和福建省地质矿产勘查开发局“1:5万四都、桃溪、涂坊、永平幅区域地质调查(编号:闽地勘发[1996]29号文)”项目联合资助。

第一作者简介:黄昌旗,1969年生,男,教授级高级工程师,主要从事区域地质调查、矿产远景调查和矿产勘查工作。

2 穹隆组成及形变特征

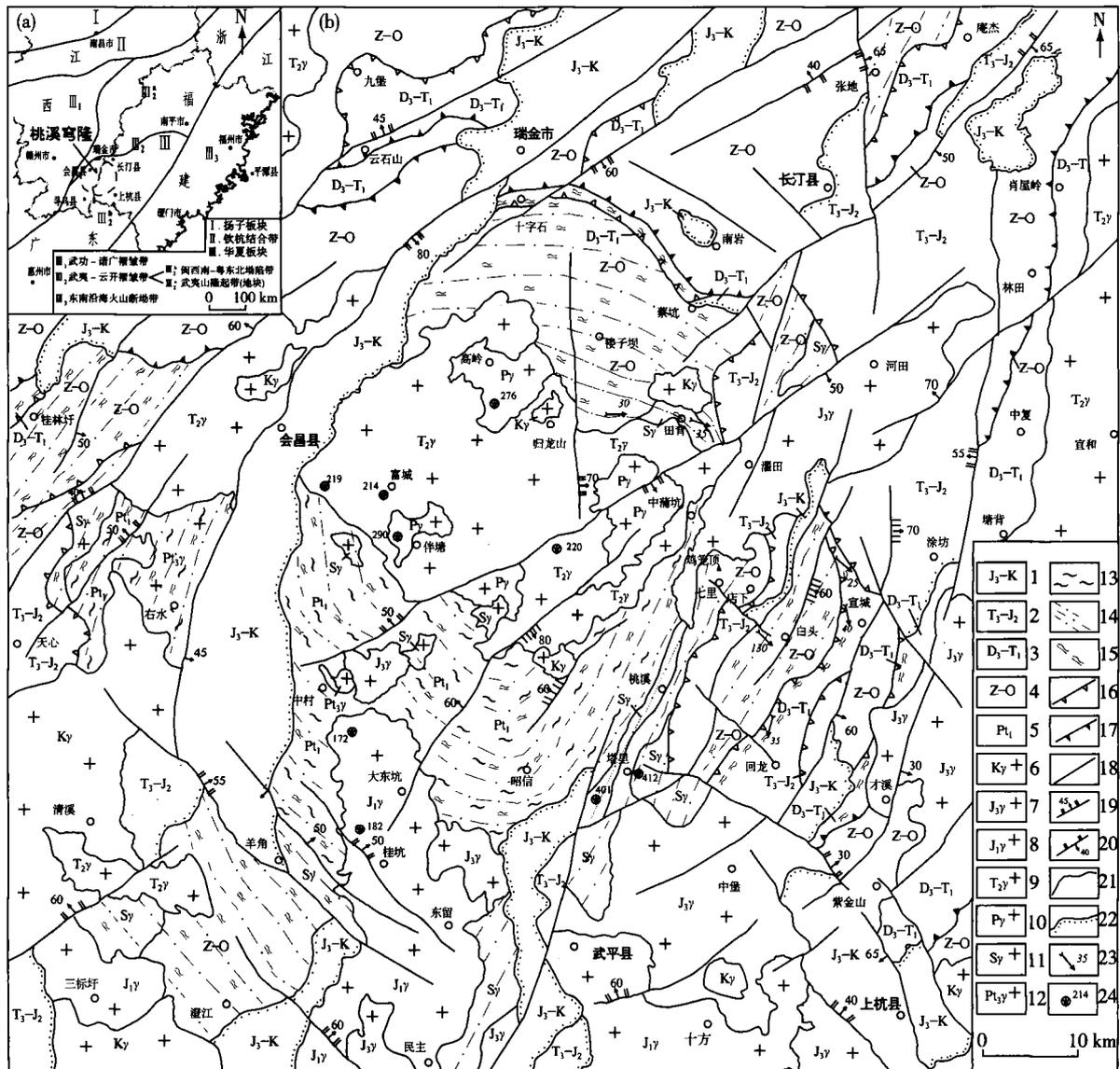
“桃溪穹隆”西起江西会昌县晓龙圩,东至福建长汀县宣城乡,北起江西瑞金十字石和福建长汀县南岩一带,南至福建武平县东留和中堡地区,总体呈近圆形的环状构造(图 1(b))。

2.1 组成

内核:由古元古代桃溪岩组和不同时代的岩浆

岩组成。古元古代桃溪岩组约占内核的 37%,主要为变粒岩和片岩,前加里东期和加里东期岩浆岩约占内核的 10%,华力西期—印支期岩浆岩约占内核的 40%,燕山早期酸性—中酸性岩浆岩约占内核的 8%,燕山晚期岩浆岩约占内核的 5%。

中间层:由早震旦世楼子坝组,晚震旦世南岩组、黄连组和寒武纪林田组组成,为一套大致环绕内核展布的浅变质砂泥质类复理石建造,中间层与内核未见直接接触,二者被加里东期韧性变形的花



1. 上侏罗统一白垩系; 2. 上三叠统一中侏罗统; 3. 上泥盆统一下三叠统; 4. 震旦系—奥陶系; 5. 下元古界; 6. 白垩纪岩浆岩; 7. 晚侏罗世岩浆岩; 8. 早侏罗世岩浆岩; 9. 中三叠世岩浆岩; 10. 二叠纪岩浆岩; 11. 志留纪岩浆岩; 12. 新元古代岩浆岩; 13. 岩石流变区; 14. 韧性变形带(区); 15. 脆韧性变形带(区); 16. 滑脱断层; 17. 推覆(滑覆)断层; 18. 脆性断层; 19. 正断层及产状; 20. 逆断层及产状; 21. 侵入界线; 22. 角度不整合界线; 23. 线理侧伏产状; 24. 同位素年龄/Ma。

图 1 桃溪穹隆区域构造位置略图(a)及地质图(b)(据资料●修编)

Fig. 1 Map showing tectonic position (a) and geological map (b) of the Taoxi dome

岗岩分隔,被后期岩体侵位,或被后期盖层覆盖。

盖层:由上古生界和中生界组成,呈环状断续覆于内核外侧或中间层之上。其中,上泥盆统一下三叠统(滨海、浅海和海陆交互相)为碎屑岩、碳酸盐岩或含煤碎屑岩建造。上三叠统一白垩系为多旋回的陆源碎屑和陆相火山—沉积建造。研究区上泥盆统与下伏更老的地质体多为滑脱断层接触;局部(蔡坑一带)呈角度不整合接触;上三叠统与下伏更老的地质体多为角度不整合接触,局部见中角度脆性滑脱的断层接触。

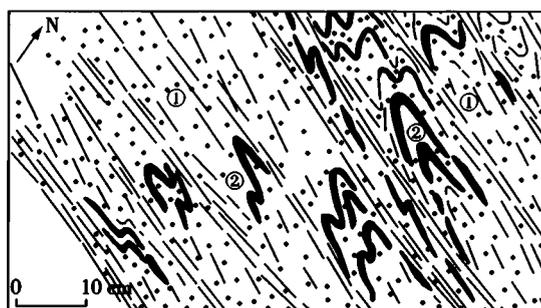
2.2 形变特征

穹隆经多期构造叠加,发育不同的构造变形,主要有岩石流变、韧性变形(断裂)、韧脆性变形(断裂)和脆性变形(断裂)。

岩石流变:以内核最发育。早期混合质脉体常见平卧、无根、勾状和肠状褶皱,透入性横向置换及构造平行化;晚期以面理为主要变形面,先存褶皱卷入褶皱,形成同斜紧闭似“M”型的叠加褶皱,较大一级的褶皱常见不对称的“S”型、“Z”型小褶皱,褶皱类型从“M”型褶皱向“N”型褶皱和“I”型褶皱过渡。

韧性变形(断裂):见于内核和中间层,卷入变形的有古元古代桃溪岩组、震旦系、下古生界和加里东期片麻状似斑状花岗岩。变形不同程度地改造了桃溪岩组早期流变,形成韧性剪切带(图2)。震旦系和下古生界的形变为顺层剪切,其中石英脉产生细颈化、布丁构造,顺层平卧、掩卧褶皱,不对称揉曲,矿物拉长。能干性较弱的岩层(泥质岩层、炭质岩层)顺层片理和板劈理发育,并见顺层褶曲;能干性较强的岩层(砂岩层)多见石香肠、布丁构造。似斑状花岗岩变形后形成糜棱岩系列岩石,钾长石残斑呈眼球状、长透镜状, σ 型、 δ 型不对称旋转构造(图3)。镜下基质重结晶,黑云母等糜棱化矿物平行定向围绕残斑展布,呈流动构造,残斑呈书斜状、压力影和云母鱼构造。

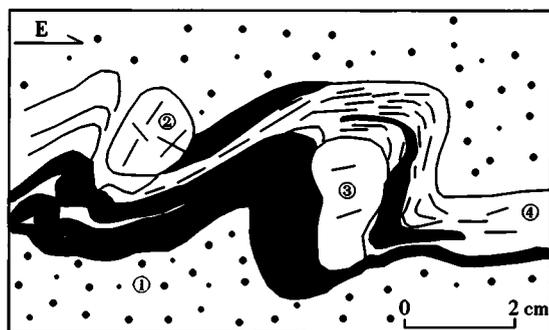
韧脆性变形(断裂):见于内核、中间层和部分盖层,不同程度地改造早期岩石流变和韧性变形,其中以上古生界底部韧脆性变形(断裂)最具特征,呈弧状弯曲环绕内核分布,绵延数十千米,断层面背向内核倾斜,倾角陡缓不一,与下伏老地质体呈韧脆性滑脱接触。上古生界也发育韧脆性剪切滑脱断层,岩石片理化强烈,粗碎屑岩中砾石压扁拉



①黑云斜长变粒岩;②花岗质脉体

图2 武平县昭信西北1 000 m韧性剪切变形带素描图●

Fig. 2 Line drawing of ductile shear deformation 1 000 m northwest of Zhaoxin, Wuping County



①黑云斜长变粒岩;②钾长石碎斑;③石英碎斑;④长英质基质。

图3 武平县鸡笼顶北西750 m δ 型不对称构造碎斑素描图●

Fig. 3 Line drawing of δ -type asymmetrical porphyroblast 750 m northwest of Jilongding, Wuping County

长,呈透镜状、眼球状或“S”形,端部为亚颗粒,有时边缘重结晶构成“核幔结构”,胶结物中的泥质重结晶为绢云母,定向排列并包绕碎屑,硅质重结晶,粉砂岩强烈片理化,细碎屑岩顺层剪切成不对称褶曲,重结晶并定向分布,形成绢云千糜岩。砂岩类变形相对微弱。

脆性变形(断裂):整个穹隆均有见及,不同程度地改造了早期各类变形样式,主要为破碎带,宽窄不一,由构造角砾岩、硅化碎裂岩和碎粒岩组成,局部有碎粉岩,常形成构造透镜体、断层流劈理和牵引褶皱,断面见阶步和擦痕。据断裂展布、发育程度、断层性质和切割关系,大致分为2种类型:一是见于内核外侧、中间层和上古生界或部分中生界盖层中,呈弧状弯曲环绕穹隆分布的正断层,如在穹隆东部内核一侧,中生界盖层与下伏上古生界呈

正断层接触,延绵数千米;二是整个穹隆均有见及的不同方向的脆性断裂,产状不一,断裂性质各异,根据切割关系,由早到晚依次为 NE 向、NW 向和 SN 向断裂,多数切穿穹隆。

穹隆从中心向核部外围,由下部、中下部构造层次的岩石流变、韧性变形转为中上部、上部构造层次的脆韧性变形(断裂)和脆性断裂。

3 穹隆形变运动方式

岩石流变:由于后期构造叠加改造,流变走向变化较大,区域性运动方式较难恢复。总体上,往内核外侧,右行走滑和右行斜滑渐多,越往核部运动方向越无序,左行或右行走滑均有,可能与其位于下部、中下部构造层次有关,也可能与处于穹隆核部有关。

韧性变形(断裂):内核的韧性剪切变形运动方式主要有 2 种。一种见于内核中部,包括零星分布的前加里东期花岗岩,韧性变形显示左行或右行;二是右行斜滑为主,见于内核靠外一侧。中间层韧性变形的剪切面多背向核部,矿物拉长,剖面显示滑落正断层,在穹隆东南侧下古生界,矿物线理发育,与同斜、平卧紧闭褶皱一致,枢纽在片理面上的侧伏角为 $20^{\circ} \sim 55^{\circ}$ 。统计显示,片理面具右一下滑移(图 4)。值得说明的是,研究区内核与中间层之间,除被后期盖层覆盖外,二者间大多为韧性剪切带(原岩为加里东期花岗岩)分隔,韧性剪切形成糜棱岩系列岩石,显示 3 种情况。

(1)穹隆北部长汀圭田一带,韧性变形带走向 $285^{\circ} \sim 300^{\circ}$,倾向 NE,倾角 $20^{\circ} \sim 35^{\circ}$,背向内核倾斜,与内核面理一致,发育 σ 型不对称旋转构造和 S-C 组构。据野外露头观察,剪切带内不同方向的矿物变形程度不一,在 YZ 面上矿物变形明显不同于 XZ 面,钾长石残斑具压扁磨圆,并发育稀疏糜棱面理;XY 面上显示矿物拉长(拉伸)线理极为发育,产状为 $360^{\circ} \angle 20^{\circ}$,黑云母线理侧伏产状为 $120^{\circ} \sim 130^{\circ} \angle 60^{\circ} \sim 65^{\circ}$;XZ 面上见长石残斑拉长呈透视镜状、眼球状、发育不对称旋转构造,显示右行斜滑剪切(图 5)。

(2)穹隆东部七里—永平一带,显示为右行走滑,与七里—永平 NE 向韧性剪切带^[8]走滑有关。

(3)穹隆西南部羊角和罗珊一带,显示左行走滑,可能受会昌—上杭—云霄 NW 向断裂活动

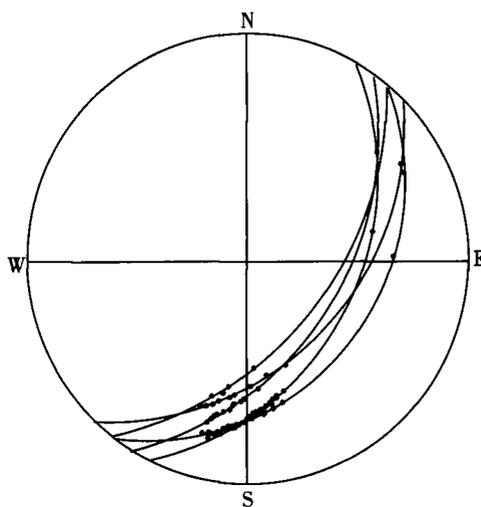
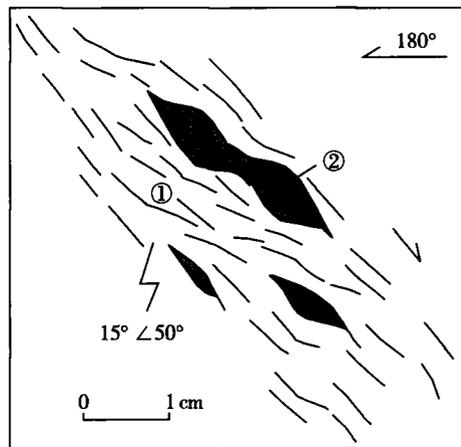


图 4 武平县店下南西 1 100 m 褶皱枢纽侧伏产状赤平投影图

Fig. 4 Stereographic projection of occurrence of asymmetric folds hinge 1 100 m southwest of Dianxia, Wuping County



①花岗岩糜棱基质;②钾长石碎斑。

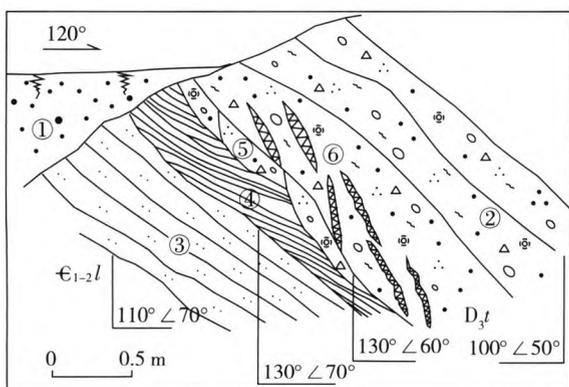
图 5 长汀县羊牯岭村西初糜棱岩 σ 型不对称构造碎斑素描图

Fig. 5 Sketch drawing of σ -type asymmetrical porphyroclasts of early mylonite at west of Yangguling village, Changting County

影响。

韧脆性变形(断裂):穹隆的韧脆性变形叠加于早期流变、韧性变形之上,显示右行斜向下滑,剖面上为犁式或多米诺式正断层组合,上古生界盖层韧脆性滑脱覆于中间层之上(图 6),断层上盘为上泥盆统碎屑岩,岩石片理化强烈,粗碎屑岩中砾石压

扁拉长;穹隆北部长汀中磺一带,粗碎屑岩中砾石拉长,显 σ 型不对称旋转构造(图7),显示为正断层;穹隆东南部宣城一回龙一带砾石拉伸线理统计显示,片理面呈弧形展布,拉伸线理在片理面上呈一定角度侧伏,也显示右行斜滑。砾石压扁拉长,X、Y和Z方向长度比为2.67:1.96:1。

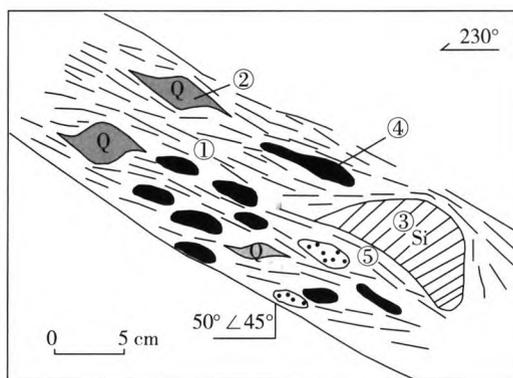


①残积层;②片理化石英砂岩;③变质粉砂岩;④断层劈理;⑤构造透镜体;⑥张性石英脉;C₁₋₂l. 林田组;D₃t. 天瓦崇组。

图6 上杭县回龙天瓦崇组与林田组断层接触素描图
Fig. 6 Fault contact relation of Tianwadong Formation and Lintian Formation in Huilong, Shanghang County

脆性变形(断裂):穹隆内脆性变形(断裂)较多,分布于穹隆各处,切割不同时代的地质体。笔者认为,总体呈断续弧状环绕穹隆、断层面背向内核倾斜、以正断层为主的断裂,大部分与穹隆演化有关,这些断裂在剖面上表现为犁式或多米诺式(脆性滑脱)组合,倾角一般为35°~75°。

综上,经多期构造叠加,穹隆形变复杂。据形



①片理化的胶结物;②片理化石英砾石;③硅质岩砾石;④泥质岩砾石;⑤砂岩砾石。

图7 长汀县中磺天瓦崇组石英砾石 σ 型不对称构造素描图

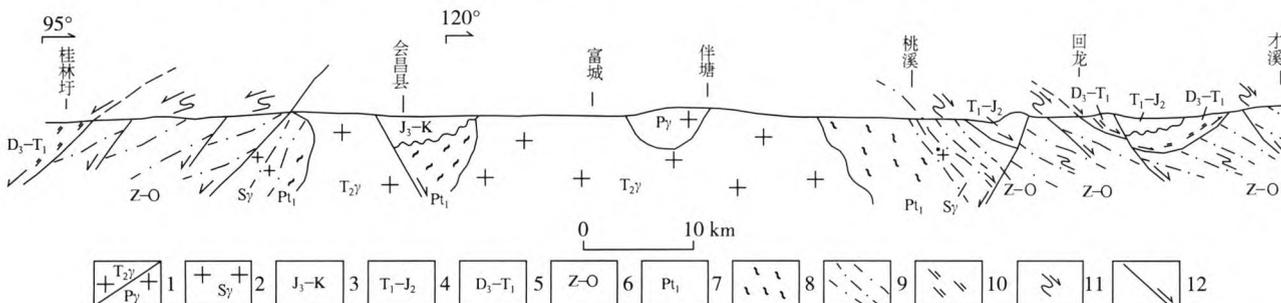
Fig. 7 Line drawing of σ -type asymmetrical structure of quartz gravels in the Tianwadong Formation at Zhonghuang, Changting County

变程度、范围和穹隆形变的运动方式(图8,表1),初步认为穹隆隆升时,核部逆时针旋转上隆,围绕核部,中间层和部分盖层发生韧性—脆性—脆性右行斜滑,隆升后期,继承性活动多为正断层。

4 形成机制和形成时代

4.1 形成机制

在碰撞造山后阶段,构造环境向伸展环境转换,常形成岩浆穹隆、变质核杂岩或拉伸盆地^[9]。该阶段岩浆作用强烈,但究竟是伸展作用还是岩浆作用造成地壳隆升并控制岩体侵入^[10-12],一直是研究者关注的问题。早期研究者认为钙碱性系



1. 中三叠世岩浆岩/二叠纪岩浆岩; 2. 志留纪岩浆岩; 3. 上侏罗统一白垩系; 4. 上三叠统一中侏罗统; 5. 上泥盆统一下三叠统; 6. 震旦系—奥陶系; 7. 下元古界; 8. 岩石流变区; 9. 韧性变形带(区); 10. 韧—脆性片理化; 11. 韧性剪切运动方向; 12. 脆—脆性断层。

图8 桃溪穹隆构造剖面简图

Fig. 8 Generalized structural section through the Taoxi dome

表 1 桃溪穹隆主要地质体形变运动方式

Table 1 Deformation movement forms of main geological components of the Taoxi dome

形变性质	范围	卷入主要地质体	运动方式
岩石流变	内核	下元古界(桃溪岩组)、前加里东期花岗岩	往内核外侧右行走(斜)滑渐多
	内核	下元古界(桃溪岩组)、(前)加里东期花岗岩	左行或右行走滑为主
韧性变形(断裂)	中间层	震旦系、部分下古生界	右行斜滑
	内核与中间层之间	加里东期花岗岩	右行斜滑
初脆性变形	内核	下元古界(桃溪岩组)、(前)加里东期花岗岩	零星见右行走滑、右行斜滑
(断裂)	中间层	震旦系、部分下古生界	右行斜滑
	中间层与盖层之间	下古生界(寒武系)、上古生界(上泥盆统)	右行初脆性滑脱
	盖层	上古生界	右行斜滑
脆性变形(断裂)	内核、中间层、盖层	穹隆范围内,含燕山期构造层的所有地质体	正断层为主
	上古生界与中生界之间	上古生界、部分中生界	正断层(脆性滑脱)

列和碱性系列岩浆与区域伸展作用的不同阶段(伸展前后和伸展期间)有关^[13-14]。目前,对伸展作用与岩浆作用的关系,代表性观点主要有两种:一种观点认为岩浆作用导致上地壳伸展^[10],另一种观点认为伸展作用是岩浆作用的前提^[15]。近年来,研究伸展作用与岩浆作用的成因关系,一是研究二者的时间关系(伸展作用早、二者同期或伸展作用晚),二是通过岩浆岩和地球化学特征揭示二者的成因关系^[16]。

(1)早期(志留纪末),加里东挤压造山后,应是后造山的伸展作用导致岩浆产生,伸展作用略早于岩浆作用。一是穹隆核部零星见志留纪花岗岩,单个侵入体规模不大,但在穹隆核部分布较均匀,说明深部可能具有一定规模;二是岩石不同程度发生糜棱岩化,透入性面理围绕穹隆展布,且与穹隆整体形态协调,可能是在同构造背景下形成的。

(2)晚期(晚泥盆世—中三叠世),闽西南地区总体处于拉张构造环境^[17],闽西南地区(连城—上杭一线)中三叠世岩浆活动强烈,伸展作用导致岩浆产生,于津海等^[18]认为核部杂岩体形成于同构造背景。

(3)研究表明^[19],大规模的岩浆活动应存在“深熔—对流”作用,结合该期岩浆主动就位侵入机制[●],岩浆作用加剧了伸展构造,使穹隆大幅度隆升。据前述隆升运动方式,岩浆侵位可能为逆时针上隆,可能为螺旋式上冲侵入定位^[20]。

(4)穹隆从晚白垩世末至今仍有活动^[21-23],古地磁研究^[24]表明,该时期穹隆环内地块相对环外地块反时针扭转 15.9°~24.5°,运动方式与早期一致,

可能是继承性岩浆活动的表现,其形成机制与新华夏断裂带活动有关^[24]。

4.2 形成时代

与国内其他地区岩浆穹隆或变质核杂岩(江西武功山^[25-26]、内蒙古宝德尔^[27]、辽西医巫闾山^[28])相似,桃溪穹隆也是在多期构造活动下形成的。

卷入穹隆构造的地质体,除古元古代结晶基底外,最具规模的为古生代和印支期花岗岩。古生界以韧性—初脆—脆性滑脱构造围绕内核展布,部分中生界亦卷入,整体构造层次有序,运动方向基本一致。内核除大面积印支期花岗岩侵入外,还见加里东期和燕山期花岗岩。穹隆周边的燕山期盆地大致呈环状分布,部分燕山期盖层底部与下伏老地质体呈脆性正断层接触,内部还发育规模不等的脆性正断层,说明燕山期穹隆具有继承性隆升的特征。从部分矿产分布及地貌、水系、地震和温泉等新构造运动特征看^[22-23],穹隆活动时间不断更新,至今局部可能仍有活动。

核部具有一定规模的岩浆岩同位素年龄有 4 组(表 2),分别对应加里东期、华力西期—印支期和燕山期,其中印支期富城岩体规模最大。

长汀县中蒲坑(内核上部)变形石英质脉体白云母 K-Ar 年龄为 194~213 Ma[●],长汀县肖屋岭滑覆构造中的构造片岩绢云母 K-Ar 年龄为 213 Ma;切割晚白垩纪地层和燕山期花岗岩断裂的应力矿物绢云母 K-Ar 年龄为 44 Ma^[21],前两者支持穹隆印支期隆升的观点,后者是穹隆晚白垩纪末—渐新世仍有活动的证据。

表2 桃溪穹隆主要岩体同位素年龄

序号	岩体	年龄/Ma	测试方法	资料来源
1	桃溪岩体	401.1	锆石 U-Pb 年龄	资料①
	塔里岩体	412.3	U-Pb 表面年龄	资料①
	伴塘岩体	290	Rb-Sr 等时线年龄	
2	高岭岩体	276	Rb-Sr 等时线年龄	资料①
	富城岩体	214	Rb-Sr 等时线年龄	
	富城岩体	214~219	黑云母 K-Ar 年龄	
	富城岩体	219	U-Pb 谐和年龄	
3	富城岩体	220	U-Pb 谐和年龄	资料①
	富城岩体	229~239	LA-ICP MS 锆石 U-Pb 年龄	文献[18]
4	大东坑岩体	172	Rb-Sr 等时线年龄	资料①
	桂坑岩体	182	黑云母 K-Ar 年龄	

5 穹隆构造演化

桃溪穹隆结晶基底为古元古界,加里东期开始隆升,华力西期—印支期大规模隆升,燕山期及后期继承性活动,至今局部仍有活动的演化阶段(图9)。

5.1 前加里东期古陆形成和发展阶段(前震旦纪)

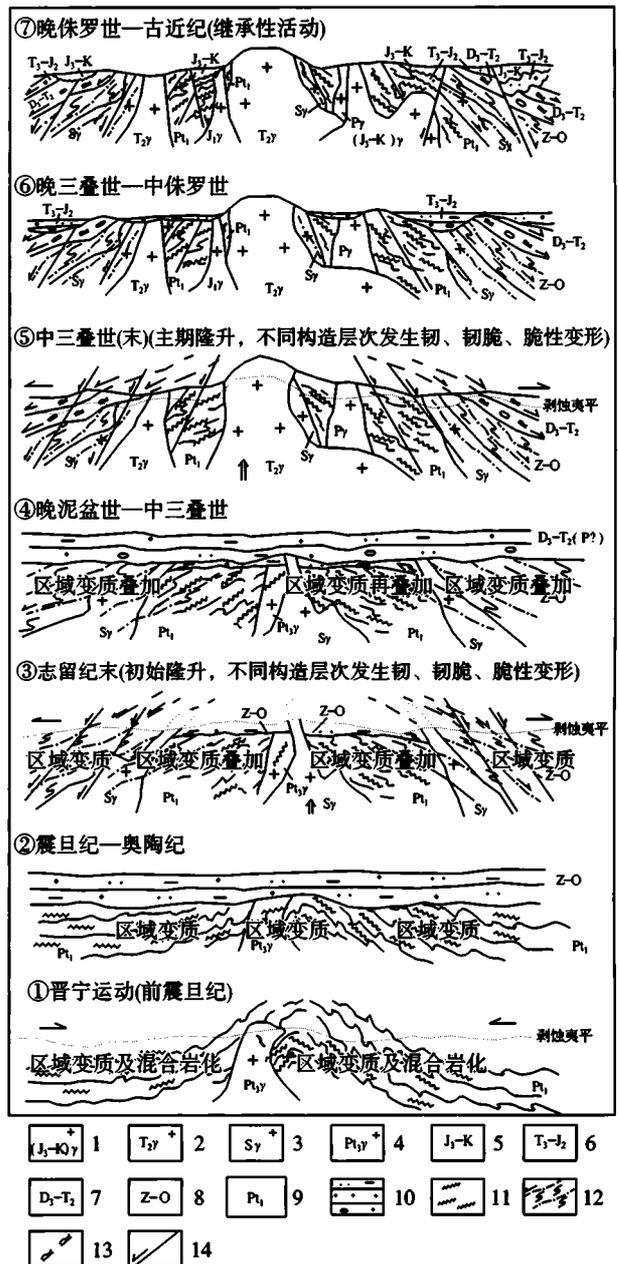
古元古代,该区与闽西北地区为统一的华夏地块^[7]。新元古代早—中期为区域拉张构造环境,有双峰式变质火山岩建造^[29],穹隆核部见片麻状花岗岩残片,Rb-Sr 等时线年龄为 627±30 Ma[•]。新元古代中期晋宁运动,岩石发生流变,之后地壳进入拉张、断陷,接受沉积。

5.2 加里东期隆升阶段(志留纪末)

震旦纪—奥陶纪,区内为被动—活动陆缘环境,沉积了类复理石碎屑岩建造(伴随间歇性岩浆喷发),志留纪末加里东造山运动,闽西南地块沿南平—宁化向挤压转换^[7],地壳发生部分熔融,地壳增厚,伴随后碰撞,拉伸作用接踵而至,穹隆开始隆升,岩浆上涌,不同构造层次围绕穹隆发生一系列韧性—韧脆性—脆性形变。

5.3 华力西期—印支期大规模隆升阶段(晚泥盆世—中三叠世)

区域上地壳总体相对稳定,形成较稳定的准台地型陆表海沉积。中三叠世末印支运动,发生以垂直运动为主的陆内叠合造山运动^[7],地壳部分熔融,地壳增厚,之后发生拉伸作用,穹隆再次隆升,中三



1. 晚侏罗世—白垩纪岩浆岩;2. 中三叠世岩浆岩;3. 志留纪岩浆岩;4. 新元古代岩浆岩;5. 上侏罗统—白垩系;6. 上三叠统—中侏罗统;7. 上泥盆统—中三叠统;8. 震旦系—奥陶系;9. 古元古界;10. 沉积岩层;11. 岩石流变及混合岩化;12. 韧性变形及糜棱岩化;13. 脆韧性变形及片理化;14. 脆性变形(断裂)。

图9 桃溪穹隆构造演化示意图
Fig. 9 Schematic diagrams depicting tectonic evolution of the Taoxi dome

叠世(末)大规模岩浆上涌加剧上隆作用,穹隆大幅隆升,围绕穹隆,不同构造层次发生一系列韧性—韧脆性—脆性形变,改变以往构造形迹的同时,盖

层形成一系列伸展—滑脱构造。值得关注的是,穹隆核部近4 000 km² 范围未发现晚古生代沉积,结合穹隆核部存在 276 Ma[●]和 290 Ma[●]的岩浆岩,说明穹隆在晚二叠世—中三叠世仍处于隆升状态。

5.4 燕山期及后期继承性活动(晚三叠世至今)

区域为强烈的大陆破坏和改造,多期次拉伸、挤压,伴随大范围岩浆活动^[7]。穹隆内见早—晚侏罗世和白垩纪岩浆活动,晚三叠世—早侏罗世盖层局部卷入脆性滑脱,内部发育规模不等的脆性正断层,燕山晚期盆地多围绕穹隆外围分布,伴随燕山期区域性构造活动,穹隆继承性隆升。燕山晚期未至今,穹隆局部仍有活动迹象^[21-23]。

6 结 论

(1)桃溪穹隆始于加里东期(志留纪末),发展于华力西期—印支期,燕山期及后期继承性活动,至今局部仍有活动迹象。

(2)桃溪穹隆隆升过程中,围绕穹隆,不同构造层次发生一系列韧性—韧脆性—脆性形变,中间层、盖层形成一系列伸展—滑脱构造,运动方式为右行斜滑。

(3)桃溪穹隆隆升的运动方式为内核逆(反)时针旋转上隆,其中印支期隆升规模最大。

(4)桃溪穹隆自加里东期以来长期隆升,是该区古元古代结晶基底出露的主要原因。

注释

- ① 江西省区域地质调查队.1:20万会昌幅(于都幅)区域地质调查报告.1969.
- ② 福建省地质矿产勘查开发局.1:20万长汀幅区域地质调查报告.1970.
- ③ 福建省地质矿产勘查开发局.1:20万上杭幅区域地质调查报告.1971.
- ④ 福建省地质调查研究院.1:25万瑞金市幅区域地质调查报告.2002.
- ⑤ 福建省地质科学研究所.福建省上杭—云霄铜、金、多金属成矿带成矿规律与成矿预测研究.1994.
- ⑥ 福建省地质矿产勘查开发局.1:5万四都、桃溪、涂坊、永平幅区域地质调查报告.2000.
- ⑦ 福建省地质矿产勘查开发局.1:50万福建省地质构造图说明书.2001.
- ⑧ 江西省地质矿产勘查开发局.1:5万会昌幅地质图说明书.1989.

⑨ 江西省地质矿产勘查开发局赣南地质调查大队.1:5万中村幅、羊角(半幅)地质图说明书.1995.

参考文献

- [1] 福建省地质矿产勘查开发局.福建省区域地质志[M].北京:地质出版社,1985:1-850.
- [2] 张顺金,黄昌旗,陈泽霖,等.华南武夷山区桃溪旋卷变质核杂岩构造的基本特征及形成机制探讨[J].福建地质,2000,19(4):188-196.
- [3] 陈世忠,马明,陈刚,等.武夷山成矿带桃溪隆起、岩浆侵入和区域铜多金属矿成矿作用[J].地球科学:中国地质大学学报,2010,35(6):969-984.
- [4] 福建省地质矿产勘查开发局.中国区域地质志·福建志[M].北京:地质出版社,2016:880-950.
- [5] 陈世忠,黄正清,朱筱婷,等.武夷山成矿带桃溪环状构造区典型矿床成矿背景[J].中国地质,2013,40(5):1569-1582.
- [6] Davis G A,郑亚东.变质核杂岩的定义、类型及构造背景[J].地质通报,2002,21(4/5):185-192.
- [7] 程裕淇.中国区域地质概论[M].北京:地质出版社,1994:1-456.
- [8] 黄昌旗.福建武平七里—永平韧性剪切带变形特征[J].福建地质,2003,22(1):46-52.
- [9] 张家声.造山后伸展构造研究的最新进展[J].地学前缘,1995(3):67-83.
- [10] Lister G S, Baldwin S L. Plutonism and the origin of the metamorphic core complex[J]. Geology, 1993, 21(7):607-610.
- [11] 宋鸿林.变质核杂岩研究进展、基本特征及成因探讨[J].地学前缘,1995,2(1/2):103-111.
- [12] Faure M, Sun Y, Shu L, et al. Extensional tectonics within a subduction-type orogen: the case study of Wugongshan dome (Jiangxi Province, Southeastern China) [J]. Tectonophysics, 1996, 263(1):77-106.
- [13] Davis J, Hawkesworth C J. The petrogenesis of 20~30 Ma basic and intermediate volcanics from the Moolton-Datil volcanic field, New Mexico, USA [J]. Contributions to Mineralogy Petrology, 1993, 115(2):165-183.
- [14] Metcalf R V, Smith E I. Introduction to special section: magmatism and extension [J]. Journal of Geophysical Research Solid Earth, 1995, 100(7):10249-10253.
- [15] Hooper P R, Bailey D G, Holder G A M. Tertiary calc-alkaline magmatism associated with lithospheric extension in the Pacific Northwest [J]. Journal of Geophysical Research Solid Earth, 1995, 100(7):10303-10319.

- [16] 张进江,郑亚东.变质核杂岩与岩浆作用成因关系综述[J].地质科技情报,1998,17(1):19-25.
- [17] 王森,张达,吕良冀,等.闽西南晚古生代以来伸展构造演化:中基性岩墙群的年代学、地球化学制约[J].大地构造与成矿学,2015,39(5):889-902.
- [18] 于津海,王丽娟,王孝磊,等.赣东南富城杂岩体的地球化学和年代学研究[J].岩石学报,2007,23(6):1441-1456.
- [19] 陈国能,王勇,陈震,等.花岗岩浆形成定位机制的考虑与研究进展[J].岩石学报,2017,33(5):1489-1497.
- [20] 彭玉鲸,殷长建,张艳玲.岩浆岩定位机制的新类型——螺旋上冲[J].吉林地质,2009,28(1):1-5.
- [21] 周济元,崔炳芳,陈宏明.赣南红山—锡坑迳地区铜锡矿地质及预测[M].北京:地质出版社,2000.
- [22] 吴富江,毛素斌,钟千方,等.江西新构造运动的基本特征与地震分布规律[J].华东地质,2016,37(2):97-105.
- [23] 杨明桂,王光辉,徐梅桂,等.江西省及邻区滨太平洋构造活动的基本特征[J].华东地质,2016,37(1):10-18.
- [24] 李普,张景鑫,徐树金,等.两个环状构造的古地磁证据[J].中国地质科学院地质力学研究所所刊,1982(3):69-79
- [25] 楼法生,舒良树,王德滋.武功山中生代花岗质穹隆伸展构造及岩石地球化学特征[J].地质通报,2002,21(z1):264-269.
- [26] 刘细元,杨细浩,聂龙敏,等.江西武功山岩浆核杂岩基本特征[J].地质学报,2016,90(3):468-474.
- [27] 郭磊,李建波,童英,等.内蒙古苏尼特左旗早白垩世宝德尔花岗岩伸展穹隆的确定及其地质意义[J].地质通报,2015,34(12):2195-2202.
- [28] 张必龙,朱光,陈印,等.辽西医巫闾山变质核杂岩演化的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学制约[J].地球化学,2013,42(5):481-498.
- [29] 张达,吴淦国,彭润民,等.闽中地区马面山群东岩组变质岩形成的古构造环境研究[J].地学前缘,2005,12(1):310-320.

Deformation characteristics and tectonic evolution of the Taoxi dome in southern Wuyishan on the boundary of Fujian and Jiangxi Provinces

HUANG Chang-qi¹, ZHANG Kai-bi², SHI Jian-ji³,
ZHANG Da⁴, LIN Zi-hua⁵, CHENG Qiao⁶, ZHAO Ju-xing⁶

(1. The Coalfield Geology Bureau of Fujian Province, Fuzhou 350000, China; 2. Fujian Institute of Geological Survey, Fuzhou 350013, China; 3. Bureau Geology and Mineral Exploration and Development of Fujian Province, Fuzhou 350003, China; 4. China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China; 5. Fujian Exploration Institute of Geology, China Chemical Geology and Mine Bureau, Fuzhou 350000, China; 6. Fujian Exploration Institute of Coalfield Geology, Fuzhou 350000, China)

Abstract: The Taoxi dome is composed of inner core, intermediate layer and cap rock, each of which developed various structural deformations, including rheologic, ductile, ductile-brittle and brittle deformation (fracture). With the tectonic deformations of each structure as the research targets, this paper discussed the uplift process of the dome through analyzing deformation characteristics, movement modes and their relationships. The forming mechanism and tectonic evolution of the dome were expounded based on the depositional events, magmatism and tectonic movement. Our study shows that the Taoxi dome started to uplift at the Caledonian period (end of Silurian) and ascended in a large scale during the period from the Variscan (Late Permian) to the Indosinian (Middle Triassic), followed by inherited activities in the Yanshanian and later, with anti-clockwise rotation uplift in the main uplift period (Variscan-Indosinian). The long-term uplift of the dome may be the leading reason for exposure of the Paleoproterozoic crystalline basement in the study area.

Key words: southern Wuyishan; Taoxi dome; deformation characteristics; tectonic evolution