

大别造山带岳西地区中生代岩浆岩年代学研究

刘晓强¹⁾, 闫峻¹⁾, 王爱国²⁾, 李全忠¹⁾, 张媛媛¹⁾

1) 合肥工业大学资源与环境工程学院, 合肥, 230009;

2) 中国地质调查局南京地质矿产研究所, 南京, 210016

内容提要: 北大别岳西地区广泛分布燕山期侵入岩和火山岩。14个岩浆岩样品中锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年结果显示, 这些岩浆岩形成于 134~125 Ma 之间。以 130 Ma 为界, 岩浆岩可以分为两个期次: 早期以石英闪长岩—石英二长闪长岩—似斑状二长花岗岩组合为主; 晚期以二长花岗岩—钾长花岗岩组合及脉岩为主。早期岩浆岩含有古元古代(1900~2120 Ma)、新元古代(670~800 Ma)和三叠纪继承锆石; 晚期岩浆岩中缺少古元古代继承锆石, 以新元古代、三叠纪及 140~160 Ma 时期的继承锆石为主。高 Sr 低 Y 地球化学特征仅出现在早期岩浆岩中, 结合继承锆石的年龄特征, 表明早期岩浆岩物质来源于加厚的基性下地壳, 下地壳的拆沉和岩石圈的减薄发生在约 130 Ma; 而晚期岩浆岩为以新元古代年龄的中一下地壳在减薄后的环境下发生深熔作用形成。

关键词: 早白垩世; 岩浆岩; 锆石 U-Pb 定年; 继承锆石; 岳西; 大别造山带

一直以来, 大别造山带以其广泛出露的超高压变质岩而为地学界所关注 (Liou et al., 1996; Ma Changqian et al., 1998; Jahn et al., 1999)。大别造山带在印支期陆—陆碰撞之后, 伴随着超高压和高压岩片的折返以及造山带的垮塌, 发生了强烈的燕山期岩浆活动, 造就了现今出露面积占造山带 1/3 以上分布的格局。这些岩浆岩的研究, 对探讨大别造山带碰撞后构造演化和中国东部燕山期大规模的构造热事件的成因机制具有重要意义 (徐小军等, 2005)。关于这些中生代花岗岩类的形成时代, 已经积累了大量的同位素年龄数据 (陈江峰等, 1995; Xue Feng et al., 1997; Hacker et al., 1998; 路玉林等, 1999; 魏春景等, 2000; 刘敦一等, 2002; 薛怀民等, 2002, 2011; 马昌前等, 2003; 谢智等, 2004; 赵子福等, 2004; Xie Zhi et al., 2006; Wang Qiang et al., 2007; Xu Haijin et al., 2007; Zhao Zifu et al., 2007; Huang Fang et al., 2008; 张超等, 2008; Chen Ling et al., 2009; 何永胜, 2010; Zhang Chao et al., 2010; He Yongsheng et al., 2011; 刘磊等, 2011)。这些数据显示, 大别造山带中生代岩浆作用的活动时限为 110~143 Ma, 峰值为 126~134 Ma。岩浆岩以花岗岩类为主, 零星分布有少量的基性岩 (李曙

光等, 1999; 王江海等, 2002; Wang Yuejun et al., 2005; Zhao Zifu et al., 2005; 王世明等, 2010; Dai Liqun et al., 2011, 2012), 其形成时代不早于 131 Ma。

现有的研究多集中在几个大的岩体, 总体岩浆岩年代学的研究程度依然较为薄弱。北大别东部岳西地区出露大别腹地唯一的早白垩世火山岩, 被认为白垩纪以来北大别构造带隆升幅度较弱的地区 (薛怀民等, 2002; 刘敦一等, 2002)。岳西地区西冲钼多金属矿床是目前大别腹地发现的唯一的有一定规模的矿床, 成矿特征显示与燕山期岩浆作用成因相关。因此, 区内的岩浆岩的相关研究尤为重要。该地区中生代岩浆岩非常发育, 较大的侵入体有岳西岩体、飞旗寨岩体、响肠岩体、天柱山岩体, 在这些侵入体之间还发育一些小的侵入体, 如中关岩体、秦家河岩体、马潭岩体、上畈岩体等。野外调查发现这些岩体为复式侵入体, 如响肠岩体由石英二长岩、二长花岗岩、细粒花岗岩及石英正长斑岩组成, 中关岩体由石英闪长岩、细粒花岗岩组成等。前人对本地区中生代岩浆岩做过一些年代学研究 (刘磊等, 2011; 薛怀民等, 2002, 2011; 刘晓强等 2015)。这些研究大多数针对复式岩体的一种或几种岩石, 如刘

注: 本文为国家自然科学基金资助项目(编号 41272074)和中国地质调查局地质矿产调查评价专项(项目编码 12120113067800)的成果。

收稿日期: 2015-04-08; 改回日期: 2015-04-08; 责任编辑: 章雨旭。Doi: 10.16509/j.georeview.2016.04.009

作者简介: 刘晓强, 男, 1987 年生。博士研究生。矿物学、岩石学、矿床学专业。Email: xiaoliu2011@163.com。通讯作者: 闫峻, 男, 1966 年生。博士, 教授。从事岩浆岩岩石学和地球化学教学和科研工作。Email: junyan@hfut.edu.cn。

磊等(2011)对响肠岩体内的角闪石英二长岩和天柱山岩体内的黑云母二长花岗岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年、薛怀民等(2011)对天柱山岩体内的花岗闪长岩和二长花岗岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb

定年。另外,大侵入体之间的小岩体未见年代学报道,这严重制约了区内找矿工作的开展。本文在详细的野外地质考察的基础上,选取北大别岳西地区一系列中生代岩浆岩,开展了 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb

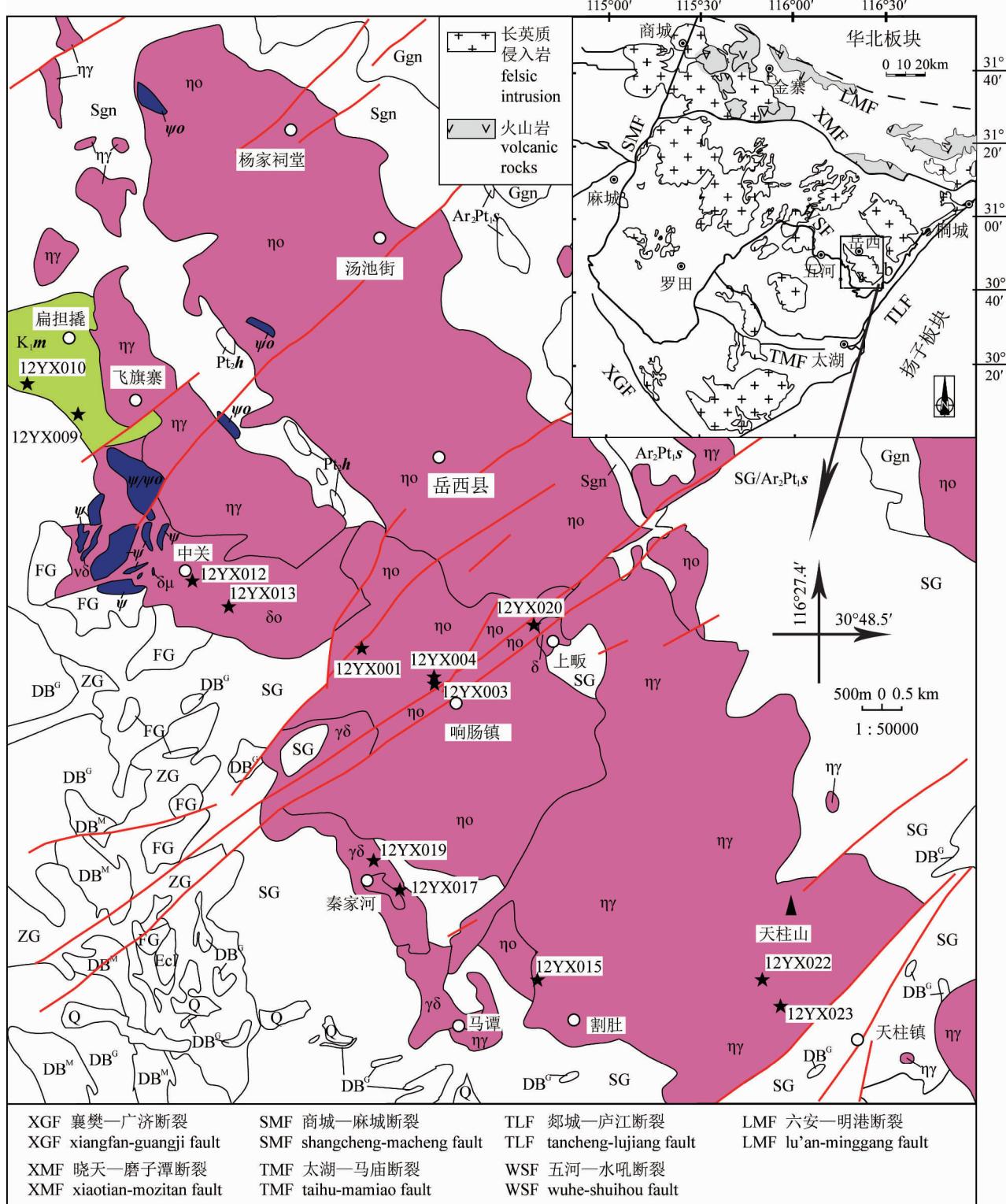


图 1 北大别岳西地区地质概要图(据 1 : 5 万地质图改绘)

Fig. 1 Geological sketch map of Yuexi area, North Dabie (Modified from the 1: 50000 geological sketch map)

Q—第四系;K_{1m}—白垩系上统毛坦厂组;Pt_{2h}—中元古界回龙山组;Ar₂Pt_{1s}—中太古界—古元古界水竹河岩组;Ggn—高尖片麻岩;Sgn—狮子凸片麻岩;SG—水吼岭二长花岗质片麻岩;ZG—撞钟河奥长花岗质片麻岩;FG—枫香岭花岗闪长质片麻岩;Ecl—榴辉岩;DB^M—大别杂岩,大理岩组;DB^G—大别杂岩,片麻岩组;ηγ—二长花岗岩;ηο—石英二长岩;γδ—花岗闪长岩;δ—闪长岩;ψ—辉闪岩;ψο—角闪石岩;δμ—闪长玢岩

Q—Quaternary; K_{1m}—Lower Cretaceous Maotanchang Fm.; Pt_{2h}—Mesoproterozoic Huilongshan Fm.; Ar₂Pt_{1s}—Mesoarchean—Paleoproterozoic Shuihuhe Fm.; Ggn—Gaojian gneiss; Sgn—Shizitu gneiss; SG—Shuihouling monzogranitic gneiss; ZG—Zhuanzhonghe trondhjemite gneiss; FG—Fengxiangling granodioritic gneiss; Ecl—eclogite; DB^M—Dabie complex, Marble group; DB^G—Dabie complex, Gneiss group; ηγ—monzogranite; ηο—quartz monzonite; γδ—granodiorite; δ—diorite; ψ—perknite; ψο—hornblendite; δμ—dioritic porphyrite

定年,旨在对区内岩浆岩进行梳理,为区内找矿服务;并在此基础上结合区域资料,初步构建大别造山带燕山期岩浆作用年代学格架。

1 地质背景与样品

广义的大别造山带西起河南桐柏山,东为郯(郯城)—庐(庐江)断裂带所切割,北以六安—明港断裂为界同华北地块相邻,南以襄樊—广济断裂为界同扬子地块接壤,形成“西窄东宽”的喇叭口状。造山带以近南北向的大悟断裂和商城—麻城断裂为界,进一步细分为西部的桐柏造山带、中部的西大别造山带和东部的大别造山带(狭义,本文所指)。大别造山带自北向南依次被晓天—磨子潭断裂、五河—水吼断裂、花凉亭—弥陀断裂和太湖—马庙断裂分为五个构造单元,依次是:北淮阳浅绿片岩相带、北大别高温超高压麻粒岩相带、中大别中温超高压榴辉岩相带、南大别低温超高压榴辉岩相带和宿松低温高压蓝片岩相带(Zheng Yongfei et al., 2005)。区内地层自老到新依次为出露在北大别高温高压变质带的早太古代—新元古代大别岩群;出露在宿松高压低温变质带中元古界宿松岩群;主要出露在北淮阳构造带的新元古代卢镇关群和早古生代佛子岭群以及侏罗纪以来的包括火山岩和陆相沉积岩的未变质地层。大别造山带发育大量的早白垩世岩浆岩,以中酸性侵入岩为主,包括主簿源、天柱山、白马尖、天堂寨、司空山、张榜、乱泥滩、梅川和商城等较大的花岗岩类岩基及大岩基之间的小型侵入体;少量为基性超基性侵入体如椒子岩、沙村、祝家铺岩体,火山岩主要分布在北淮阳构造带。

北大别构造带南北界线分别为晓天—磨子潭断裂和五河—水吼断裂(图1)。区内变质岩广布,主要是原岩为新元古代的强变形片麻岩(Liu Yican et al., 2007; Zhao Zifu et al., 2008; Zheng Yongfei et al., 2006),内部发育少量透镜状超高压榴辉岩(Xu Shutong et al., 2000)。区内早白垩世侵入体广布,

包括中酸性岩和基性—超基性岩。另外在岳西扁担撬地区残留大别腹地(包括北大别带、南大别带和宿松带)唯一的一处火山岩(刘敦一等,2002;薛怀民等,2002)。

岳西地区位于北大别构造带东段(图1),出露地层有中太古界—古元古界水竹河岩组(Ar₂Pt_{1s});中元古界回龙山组(Pt_{2h});在研究区西部扁担撬地区还出露有北大别构造带唯一的白垩系上统毛坦厂组火山岩(K_{1m})。除此之外,在研究区南部临近南大别超高压地体的五河—水吼断裂带附近,出露有少量大别岩群变质表壳岩,包括大理岩组(DB^M)和片麻岩组(DB^G),并夹有榴辉岩(Ecl)透镜体。新元古代变质变形侵入体广布,包括高尖片麻岩(Ggn)、狮子凸片麻岩(Sgn)、水吼岭二长花岗质片麻岩(SG)、撞钟河奥长花岗质片麻岩(ZG)、枫香岭花岗闪长质片麻岩(FG)。

中生代岩浆岩非常发育,出露面积比较大的侵入体有4个:岳西岩体、飞旗寨岩体、天柱山岩体和响肠岩体。在这些大岩体之间还发育有一些小的侵入体,如中关岩体、上畈岩体、秦家河岩体等。侵入体内发育各类以北东向延伸为主的岩脉。岳西岩体出露面积约70 km²(图1),1:20万地质图中,岳西岩体由于具有弱定向的似片麻状构造,被划分为前震旦纪大别岩群(1:20万岳西幅,安徽省区域地质调查队,1975);在1:5万地质填图中,岳西岩体又被定为新元古代汤池片麻岩(1:5万岳西县幅,安徽省地质调查院,2000)。Xue Feng et al. (1997)对该岩体进行过TIMS年代学研究,测得其中的“正片麻岩”样品的年龄分别为134.0±2.8 Ma和133.7±2.3 Ma。笔者对该岩体的锆石U-Pb定年结果为128.5±1.4 Ma(刘晓强等,2015)。飞旗寨岩体位于岳西岩体的西侧(图1),在1:20万地质图中,飞旗寨岩体曾被认定为古元古界五台—吕梁期的混合花岗岩(1:20万岳西幅,安徽省区域地质调查队,1975);后在1:5万地质填图中,飞旗寨岩体则被认

为是中生代岩体(1:5万岳西县幅,安徽省地质调查院,2000)。笔者对该岩体进行的LA-ICP-MS锆石U-Pb定年结果为 127.4 ± 1.7 Ma(刘晓强等,2015),和岳西岩体的侵位时代一致。天柱山岩体为一复式岩体,出露面积约 120 km^2 (图1)。岩体与围岩呈侵入接触关系,围岩主体为北大别TTG片麻岩。野外见有片麻状捕掳体零星分布在岩体内部。LA-ICP-MS锆石U-Pb年代学工作指示天柱山岩体形成于约128 Ma(刘磊等,2011;薛怀民等,2011)。响肠复合岩体位于研究区中部,前人对其中一个侵入岩体LA-ICP-MS锆石U-Pb定年结果为131 Ma(刘磊等,2011)。响肠复合岩体稍晚侵入的为细粒花岗岩和石英正长斑岩。上畈岩体分布面积不足1

km^2 ,未见年代学报道。扁担撬火山岩位于研究区西部扁担撬地区,为毛坦厂组,TIMS(薛怀民等,2002)和SIMS(刘敦一等,2002)锆石年代学显示其形成于129 Ma左右。

我们选取了岳西地区不同岩体、不同岩性共14件样品进行了锆石U-Pb定年。包括12件侵入岩、1件火山岩及1件潜火山岩。采样位置及岩相学特征见表1,镜下特征见图2。

2 锆石U-Pb定年

2.1 分析方法

锆石单矿物分离在河北省诚信地质服务有限公司进行,样品4~5 kg经人工破碎后,按常规的重力

表1 大别造山带岳西地区岩浆岩采样位置及岩相学

Table 1 Sample locations and microphysiography characteristics of magmatic rocks, Yuexi area, Dabie orogen

岩体名称	样品编号	岩性	采样位置	野外及岩相学观察
响肠岩体	12YX001-1	石英二长岩	E116°20.038'; N30°48.327'	碱性长石35%、斜长石40%~45%、石英10%~15%、黑云母和角闪石5%~10%为主
响肠岩体	12YX003-1	细粒花岗岩	E116°21.211'; N30°47.843'	碱性长石45%、斜长石30%、石英:25%,几乎不含暗色矿物
响肠岩体	12YX004-1	石英正长斑岩	E116°21.177'; N30°47.883'	斑状结构,斑晶约30%左右,大小2~5 mm;碱性长石70%、斜长石10%、石英约16%、黑云母3%
毛坦厂组	12YX009-1	闪长玢岩	E116°15.435'; N30°51.452'	斑状结构,斜长石80%、角闪石10%、黑云母少量
毛坦厂组	12YX010-1	安山质熔结凝灰岩	E116°14.394'; N30°51.878'	熔结凝灰结构,碎屑物质占80%,主要是晶屑占碎屑的80%,少量为岩屑。斜长石70%、碱性长石15%、石英8%、黑云母7%
中关岩体	12YX012-1	石英二长闪长岩	E116°17.290'; N30°48.523'	似斑状结构,斑晶约15%,主要是斜长石、碱性长石,少量是石英、角闪石及黑云母。斑晶大小3~5 mm为主,部分可达8 mm。斜长石70%、碱性长石15%、石英5%、暗色矿物10%
中关岩体	12YX013-1	细粒花岗岩	E116°17.869'; N30°48.886'	细粒、块状;碱性长石35%、斜长石40%、石英20%、黑云母5%。粒径0.5~1.5 mm
中关岩体	12YX013-2	似斑状石英二长闪长岩	E116°17.869'; N30°48.886'	似斑状结构:斑晶大小3~6 mm,含量大于25%,主要是长石类,少量为石英及暗色矿物。斜长石60%、碱性长石20%、石英15%、黑云母+角闪石5~%
天柱山岩体	12YX015	二长花岗岩	E116°22.885'; N30°49.664'	粗粒结构,粒径1~4 mm为主。碱性长石30%、斜长石40%、石英大于20%、角闪石+黑云母5%
秦家河岩体	12YX017	二长花岗岩	E116°14.396'; N30°44.919'	斑状结构:斑晶主要是碱性长石、斜长石、石英,斑晶大小1~5 mm。碱性长石40%、斜长石30%、石英25%、少量黑云母
秦家河岩体	12YX019	似斑状花岗闪长岩	E116°20.227'; N30°45.384'	似斑状结构:斑晶约占20%,主要是长石类,少量黑云母,大小可超过1 cm。碱性长石20%、斜长石50%、石英20%、黑云母4%及角闪石5%。副矿物锆石、榍石较多
响肠岩体	12YX020	黑云二长花岗岩	E116°22.808'; N30°48.652'	斜长石30%、碱性长石40%、石英25%、黑云母5%左右
天柱山岩体	12YX022	花岗片麻岩	E116°26.514'; N30°43.740'	细粒、弱片麻状。碱性长石45%、斜长石30%、石英20%、黑云母不足2%。副矿物中锆石、榍石较多
天柱山岩体	12YX023	花岗岩	E116°26.811'; N30°43.369'	碱性长石45%、斜长石25%、石英25%、黑云母不足5%

和磁选方法分选出锆石。锆石制靶在合肥工业大学 LA-ICP-MS 实验室进行,在双目镜下将待测样品锆石用双面胶粘于载玻片上,放置 PVC 环,注入经充分混合的环氧树脂和固化剂,待充分固化后,对样品进行抛光处理,用于阴极发光照相和 LA-ICP-MS U-Pb 同位素分析。阴极发光照相(CL)在桂林理工大学进行。锆石 LA-ICP-MS U-Pb 同位素分析在合肥工业大学 LA-ICP-MS 实验室进行。ICP-MS 为美国 Agilent 公司生产的 Agilent 7500a ICP-MS,激光剥蚀系统为美国 Coherent Inc. 公司生产的 GeoLasPro。在分析过程中,激光剥蚀的斑束直径选为 $32\text{ }\mu\text{m}$,频率为 6 Hz ,采样方式为单点剥蚀。ICP-MS 数据采集选用一个质量峰采集一个点的跳峰方式,单点停留时间分别设定为 6 ms ($\text{Si}, \text{Ti}, \text{Nb}, \text{Ta}$ 和 REE)、 15 ms ($^{204}\text{Pb}, ^{206}\text{Pb}, ^{207}\text{Pb}$ 和 ^{208}Pb) 和 10 ms (^{232}Th 和 ^{238}U)。采用标准锆石 91500 作外标进行同位素分馏校正,每测定 5 个样品点测定两次标准锆石 91500,每测 10 个样品点测一次 NIST610 和两次年龄监控样 Mud Tank。每个分析点的气体背景采集时间为 25 s ,信号采集时间为 50 s 。激光剥蚀过程中采用氦气作载气、氩气为补偿气以调节灵敏度,二者在进入 ICP 之前通过一个 T 型接头混合。数据处理采用 ICPMSDataCal 软件 (Liu Yongsheng et al., 2008; 2010),结果采用 Isoplot 软件绘制谐和图并计算加权平均年龄。

2.2 分析结果

在优先保证获得岩体冷却年龄的前提下,尽可能地获得更多的继承锆石信息,本次工作在挑选测试锆石时遵循以下原则:选择晶型良好、高度透明并且不含明显的异物的、具有典型岩浆成因锆石特点的岩浆锆石的同时,兼顾一些可能的继承锆石进行 LA-ICP-MS 测试。

典型锆石的 CL 图像和分析点位置见图 3。分析结果见附表(印刷版略,请到 www.geojournals.cn/georev 查找),其中所列单个数据点的标准误差均为 1σ 。绝大多数样品的锆石具有岩浆锆石典型韵律环带及 Th/U 比特征,说明其岩浆成因;少数样品呈浑圆状,可能为继承锆石。大多数锆石投点都在和谐线上及其附近,其加权平均年龄可以代表岩体的结晶年龄。鉴于大多数样品的年龄结果小于 1000 Ma ,这里取 $n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$ 加权平均年龄作为岩体的形成年龄;对于少数年龄大于 1000 Ma 的继承锆石,我们采用的是 $n(^{207}\text{Pb})/n(^{206}\text{Pb})$ 年龄(见附表)。

分析结果利用 Isoplot 软件(Ludwig, 2001)进行谐和曲线和加权平均年龄的投影和计算(图 4)。除天柱山岩体内花岗片麻岩残留体样品(12YX022)的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄相对分散,在 $700\sim 800\text{ Ma}$ 之间以外,其他数据都给出了早白垩世的年龄。响肠岩体石英二长岩样品(12YX001-1) $n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U}) - n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$ 谐和度 $>90\%$ 的分析点有 25 个,除了 1 个 $n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$ 年龄为 $289\pm 8.9\text{ Ma}$ 的分析点给出 0.31 的 Th/U 比值以外,其余测点的 Th/U 比介于 $0.78\sim 3.12$ 之间,20 个测点的 $n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$ 加权平均年龄为 $129.9\pm 1.7\text{ Ma}$,代表了岩体的侵位年龄,另有 2 个测点给出了新元古代的年龄,2 个测点偏离其他年龄数据较远。响肠岩体细粒花岗岩样品(12YX003-1)谐和度 $>85\%$ 的测点有 21 个,含有大量的继承锆石,继承锆石年龄主要集中在 $140\pm 4\sim 166\pm 5\text{ Ma}$ 及 $700\sim 1000\text{ Ma}$ 两个区间, $n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$ 年龄相对集中的 11 个数据点加权平均年龄为 $129.0\pm 2.2\text{ Ma}$,为该样品的形成年龄。响肠岩体石英正长斑岩样品(12YX004-1)中锆石测点谐和度 $>90\%$ 的有 27 个,其 Th/U 比值介于 $0.47\sim 1.45$ 之间,为典型的岩浆锆石, $n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$ 年龄相对集中的 21 个测点加权平均年龄为 $125.2\pm 1.4\text{ Ma}$ 。毛坦厂组安山质熔结凝灰岩样品(12YX010-1)中谐和度 $>90\%$ 的测点有 27 个,其 Th/U 比值介于 $0.48\sim 1.10$ 之间,除 2 个测点给出继承锆石的年龄以外,其余 25 个测点的 $n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$ 加权平均年龄为 $130.1\pm 1.7\text{ Ma}$ 。侵入到毛坦厂组火山岩内的闪长玢岩样品(12YX009-1)中锆石测点谐和度 $>85\%$ 的有 39 个,绝大多数样品的 Th/U 比介于 $0.42\sim 1.23$ 之间,2 个继承锆石测点的 Th/U 比值较低,为 $0.21(1981\pm 46.4\text{ Ma})$ 和 $0.18(441\pm 18.4\text{ Ma})$,年龄较为集中的 34 个测点的 $n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$ 加权平均年龄为 $131.2\pm 1.2\text{ Ma}$,该年龄值和毛坦厂组火山岩在误差范围内一致,表明该闪长玢岩具有潜火山岩的侵入特征。中关岩体石英二长闪长岩样品(12YX012-1)中锆石谐和度 $>85\%$ 的测点有 31 个,其 Th/U 比值介于 $0.77\sim 1.98$ 之间, $n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$ 加权平均值为 $133.6\pm 1.3\text{ Ma}$,没有发现继承锆石。中关岩体细粒花岗岩样品(12YX013-1)中锆石谐和度 $>90\%$ 的测点有 27 个点,其 Th/U 比介于 $0.73\sim 1.53$ 之间,除去两个继承锆石和 7 个偏离较远的点外,其余 18 个较为集中的测点的 $n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$ 加权平均年龄为 $131.1\pm 1.7\text{ Ma}$ 。中关岩体似斑状石英

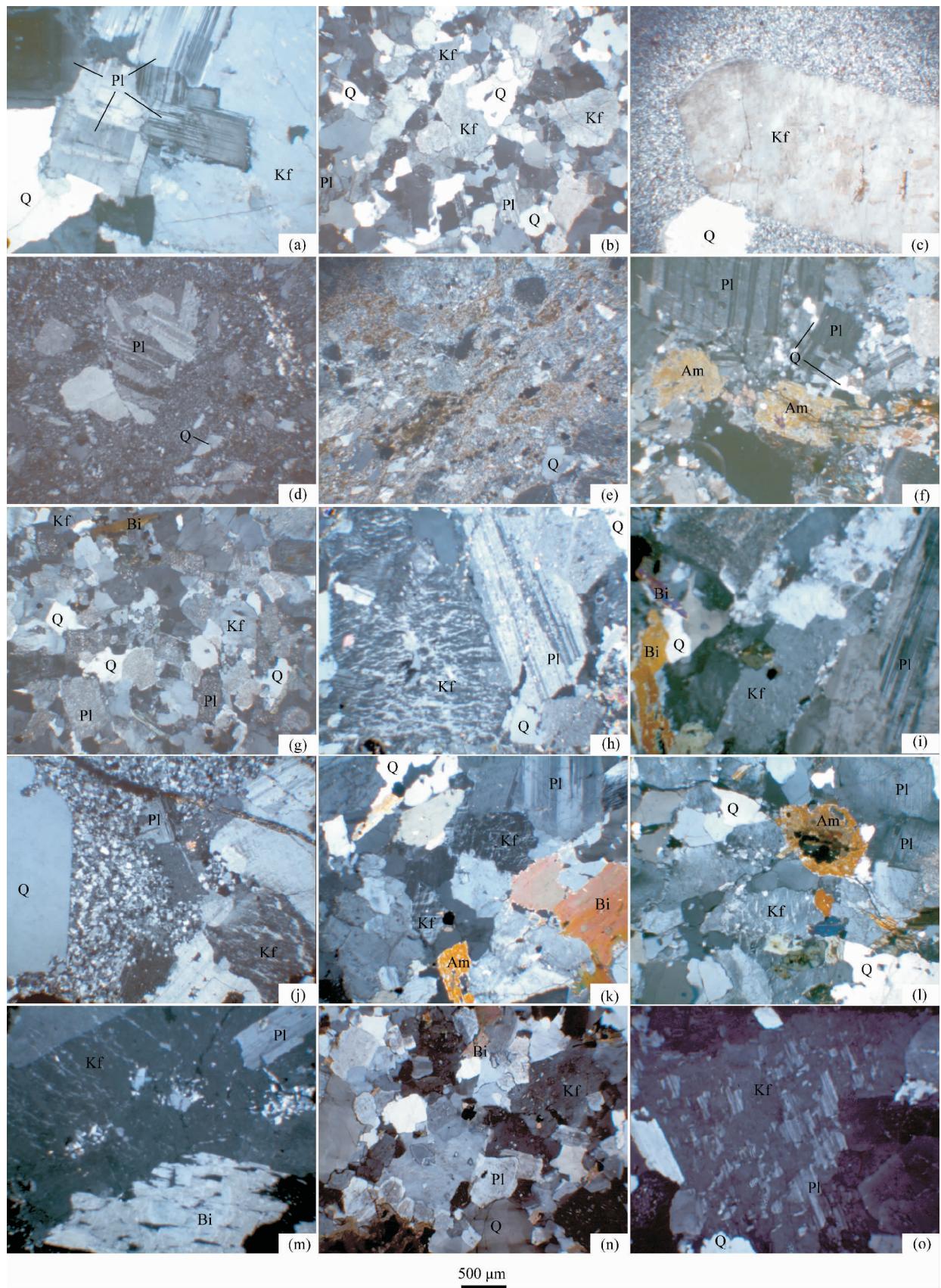


图 2 岳西地区岩浆岩显微照片

Fig. 2 Microscope photographs of the magmatic rocks, Yuexi area

(a) 响肠岩体石英二长岩(12YX001-1);(b) 响肠岩体细粒花岗岩(12YX003-1);(c) 响肠岩体石英正长斑岩(12YX004-1);(d) 毛坦厂组闪长玢岩(12YX009-1);(e) 毛坦厂组安山质熔结凝灰岩(12YX010-1);(f) 中关岩体石英二长闪长岩(12YX012-1);(g) 中关岩体细粒花岗岩(1YX013-1);(h) 中关岩体似斑状石英二长闪长岩(12YX013-2);(i) 天柱山岩体黑云母二长花岗岩(12YX015);(j) 秦家河岩体二长花岗岩(12YX017);(k)-(l) 秦家河岩体似斑状花岗闪长岩(12YX019);(m) 响肠岩体黑云二长花岗岩(12YX020);(n) 天柱山岩体内片麻状花岗岩(12YX022);(o) 天柱山岩体黑云母花岗岩(12YX023)

Kfs: 钾长石; Bt: 黑云母; Pl: 斜长石; Q: 石英

(a) quartz monzonite of Xiangchang pluton; (b) fine-grained granite of Xiangchang pluton; (c) quartz orthophyre of Xiangchang pluton; (d) dioritic porphyry of Maotanchang Fm.; (e) andesitic ignimbrite of Maotanchang Fm.; (f) quartz diorite of Zhongguan pluton; (g) fine-grained granite of Zhongguan pluton; (h) porphyric quartz diorite of Zhongguan pluton; (i) biotite monzogranite of Tianzhushan pluton; (j) porphyric monzogranite of Qinjiahe pluton; (k), (l) porphyric granodiorite of Qinjiahe pluton; (m) biotite monzogranite of Xiangchang pluton; (n) gneissic granite in Tianzhushan pluton; (o) biotite granite of Tianzhushan pluton

Kfs: K-feldspar; Bt: Biotite; Pl: Plagioclase; Q: Quartz; Am: Amphibole

二长闪长岩样品(12YX013-2)中锆石谐和度 $>90\%$ 的测点有35个,其中除4个继承锆石年龄值外,其余31个点($\text{Th}/\text{U} = 0.60 \sim 1.04$)的 $n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$ 加权平均年龄为 $130.6 \pm 1.2 \text{ Ma}$ 。天柱山岩体二长花岗岩样品(12YX015)中锆石谐和度 $>90\%$ 的测点有25个($\text{Th}/\text{U} = 0.39 \sim 2.05$),除3个继承锆石和4个偏离较远的数据外,其余18个点的 $n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$ 年龄较为集中,加权平均年龄为 $128.9 \pm 1.7 \text{ Ma}$ 。秦家河岩体似斑状二长花岗岩样品(12YX017)中锆石谐和度 $>90\%$ 的点有35个,大多数样品的 Th/U 比大于0.4,样品年龄数据相对分散,其中5个是继承锆石,其余30个点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄介于 $110 \pm 2.8 \sim 153 \pm 4.3 \text{ Ma}$,在 $n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$ 年龄频谱图上显示出120 Ma左右和130 Ma左右的两个峰值(图5),其中22个点中较小的7个集中测点的 $n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$ 加权平均年龄为 $120.8 \pm 2.3 \text{ Ma}$,较大的15个较集中测点的 $n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$ 加权平均年龄为 $132.0 \pm 1.8 \text{ Ma}$ 。秦家河岩体似斑状花岗闪长岩样品(12YX019)中锆石谐和度 $>90\%$ 的点有33个($\text{Th}/\text{U} = 0.24 \sim 1.04$),除2个测点给出 $189 \pm 5.0 \text{ Ma}$ 和 $739 \pm 13.6 \text{ Ma}$ 的值以外,其余31个点的 $n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$ 加权平均年龄为 $131.4 \pm 1.3 \text{ Ma}$ 。响肠岩体二长花岗岩样品(12YX020)中锆石谐和度 $>90\%$ 的测点有35个($\text{Th}/\text{U} = 0.75 \sim 1.64$),其 $n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$ 年龄非常集中,加权平均年龄为 $127.2 \pm 1.1 \text{ Ma}$ 。天柱山岩体花岗岩样品(12YX023)中锆石测点谐和度 $>90\%$ 的有25个($\text{Th}/\text{U} = 0.67 \sim 3.03$),其中17个 $n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$ 年龄比较集中,其加权平均值为 $128.2 \pm 1.7 \text{ Ma}$ 。

3 讨论

3.1 岳西地区中生代岩浆岩年代学

金成伟等(1998)对岳西地区花岗岩类进行了详细的岩石学研究,并将这些岩浆岩分为三类:由主簿原和白马尖二长花岗岩—正长花岗岩为代表的大岩基、分布在上述岩基周围的花岗闪长岩—石英二长闪长岩小岩体和晚期的淡色碱长花岗岩岩体组成。其所参考的年代学资料为现在已不常用的K-Ar或Rb-Sr法获得的,并据此将前两类岩石归为一期。而今关于区内岩浆岩的高精度年代学数据有了一定的积累。

刘磊等(2011)对响肠岩体的两个角闪石英二长岩样品的锆石LA-ICP-MS的定年结果分别为 $131.4 \pm 1.2 \text{ Ma}$ 和 $131.5 \pm 1.2 \text{ Ma}$ 。本文对响肠岩体的石英二长岩定年结果为 $129.9 \pm 1.7 \text{ Ma}$ ($n = 20$, MSWD = 0.41),与刘磊等(2011)的结果在误差范围内完全一致,说明响肠复式岩体形成于 $130 \sim 132 \text{ Ma}$ 之间。中关岩体石英二长闪长岩和似斑状石英二长闪长岩样品的锆石年龄分别是 $133.6 \pm 1.3 \text{ Ma}$ 和 $130.6 \pm 1.2 \text{ Ma}$,表明其形成于 $130 \sim 134 \text{ Ma}$ 。秦家河岩体似斑状二长花岗岩和似斑状花岗闪长岩的锆石年龄分别为 $132.0 \pm 1.8 \text{ Ma}$ 和 $131.4 \pm 1.3 \text{ Ma}$,指示秦家河岩体形成于 $130 \sim 132 \text{ Ma}$ 。虽然这些岩体分别由不同期次侵入的岩石组成,但均形成于一致的时间范围内,集中在 $130 \sim 134 \text{ Ma}$ 范围内。

薛怀民等(2002)对扁担撬毛坦厂组石英粗安质晶屑凝灰岩样品开展了TIMS锆石U-Pb定年,结果为 $129.6 \pm 2.6 \text{ Ma}$ 。本文对毛坦厂组安山质熔结凝灰岩和其中的潜火山岩—闪长玢岩测试结果分别为 $130.1 \pm 1.7 \text{ Ma}$ ($n = 25$, MSWD = 1.5)和 $131.2 \pm 1.2 \text{ Ma}$ ($n = 34$, MSWD = 1.76),与薛怀民等(2002)的结果在误差范围内一致,表明岳西地区毛坦厂组火山岩及其中的潜火山岩形成于 ~ 130

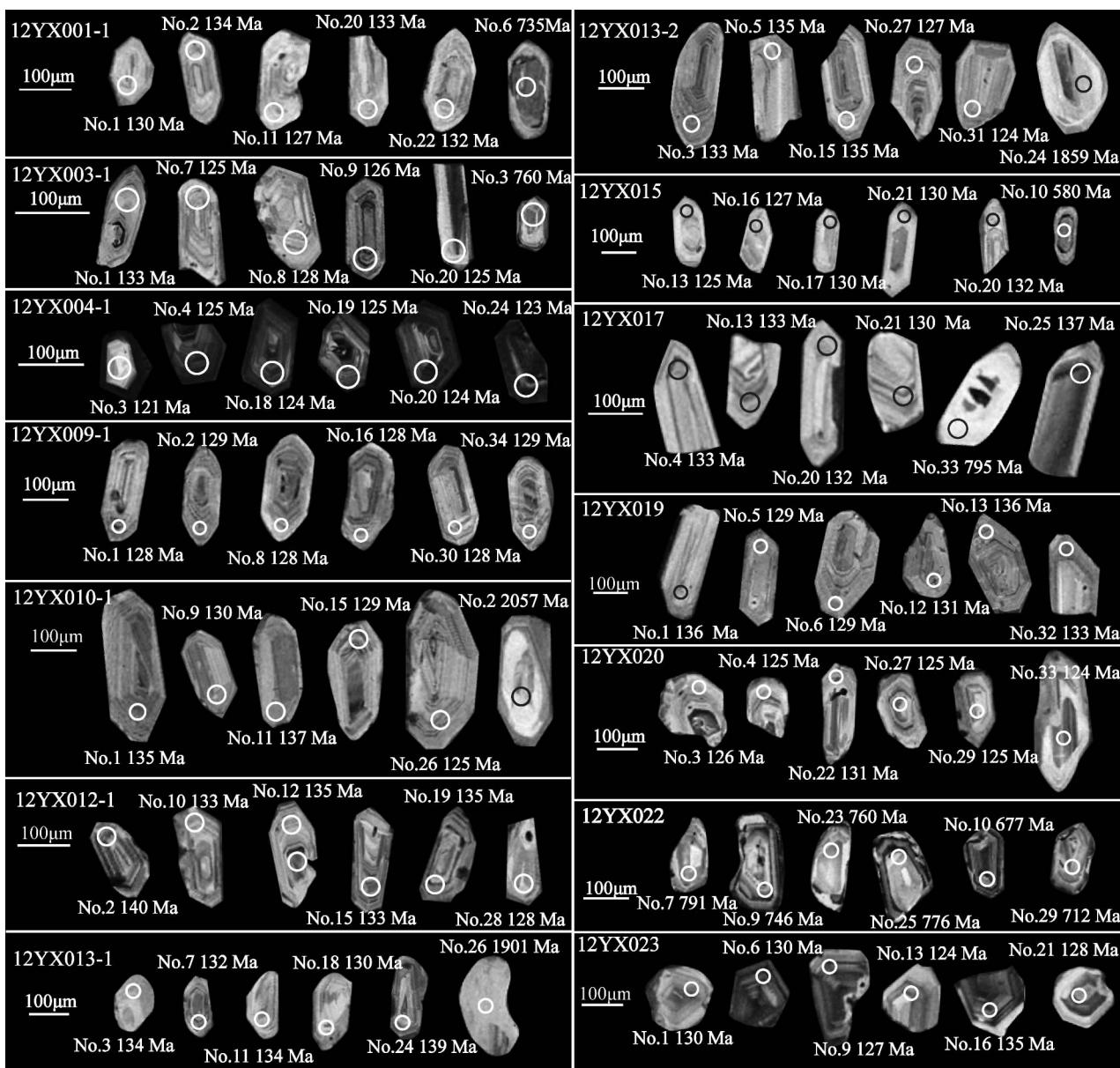


图 3 岳西地区岩浆岩代表性锆石 CL 图像、分析点位置及测试结果

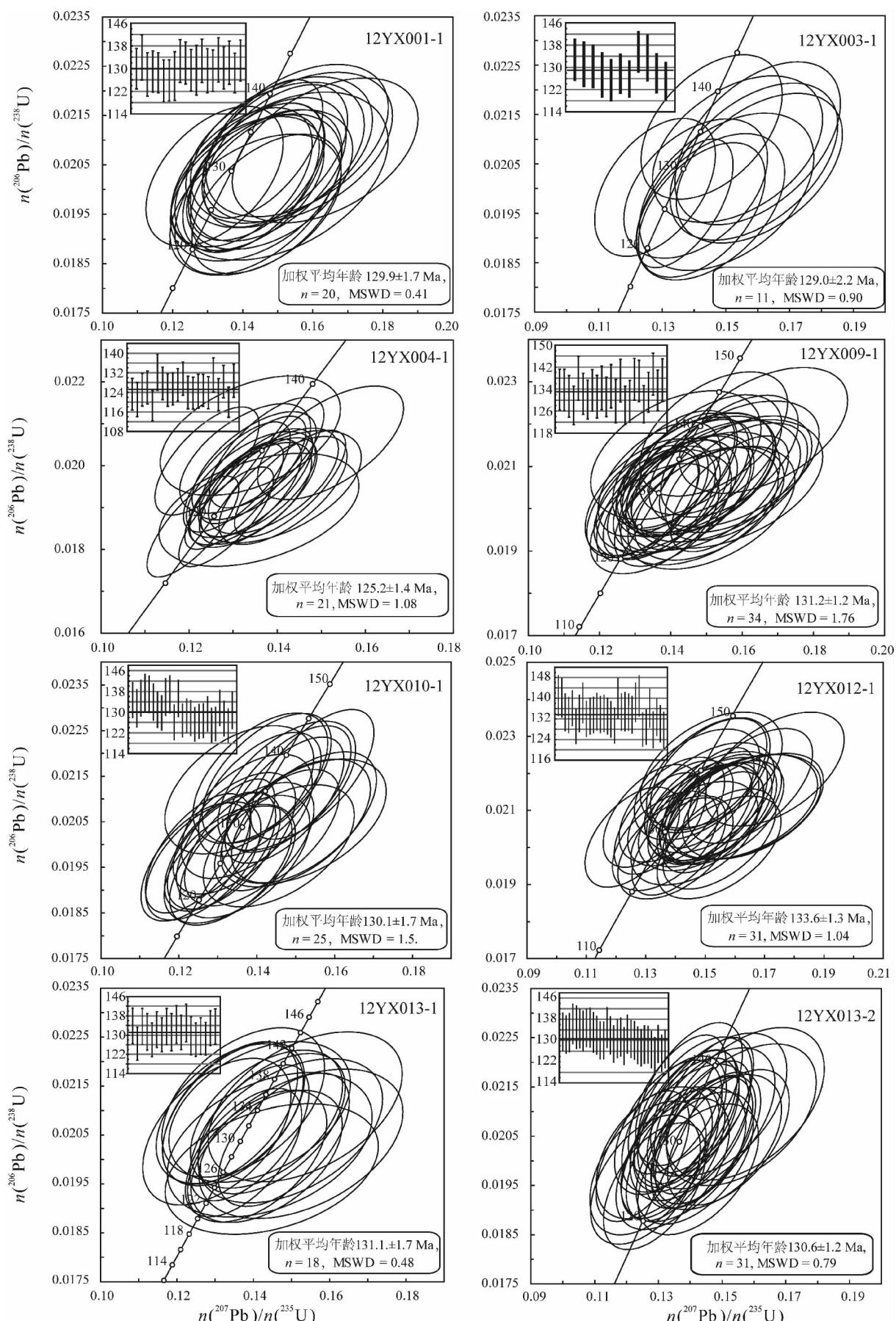
Fig. 3 Representative zircons cathodoluminescence (CL) images of the magmatic rocks in Yuexi area

Ma, 和北淮阳晓天盆地毛坦厂组火山岩的喷发时代也完全一致(夏群科等, 2003)。

薛怀民等(2011)对天柱山花岗岩及花岗闪长岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年结果分别为 127.7 ± 1.0 Ma 和 127.8 ± 0.7 Ma。刘磊等(2011)利用同样的方法对天柱山岩体内黑云母二长花岗岩的定年结果为 127.0 ± 1.2 Ma。本文对天柱山岩体的两件花岗岩样品的定年给出 128.9 ± 1.9 Ma ($n = 18$, MSWD = 0.73) 和 128.2 ± 1.7 Ma ($n = 17$, MSWD = 0.54) 的结果, 与已有的数据在误差范围内完全一致, 均指示了天柱山岩体形成于 $127 \sim 129$ Ma 之

间。岳西岩体的锆石年龄为 128.5 ± 1.4 Ma, 飞旗寨岩体的锆石年龄为 127.4 ± 1.7 Ma (刘晓强等, 2015), 也是和天柱山岩体在同样的时间范围内形成。另外, 这一年龄段的侵入岩还有侵入于响肠岩体内的细粒花岗岩(129.0 ± 2.2 Ma)和黑云二长花岗岩(127.2 ± 1.1 Ma)及侵入于中关岩体的细粒花岗岩(131.1 ± 1.7 Ma)。锆石测年给出本次定年中最晚的一个年龄数据为侵入到响肠岩体中的石英正长斑岩(125.2 ± 1.4 Ma)。

秦家河岩体似斑状二长花岗岩给出两组锆石年龄(图 5), 分别为 120.8 ± 2.3 Ma ($n = 7$) 和 132.0



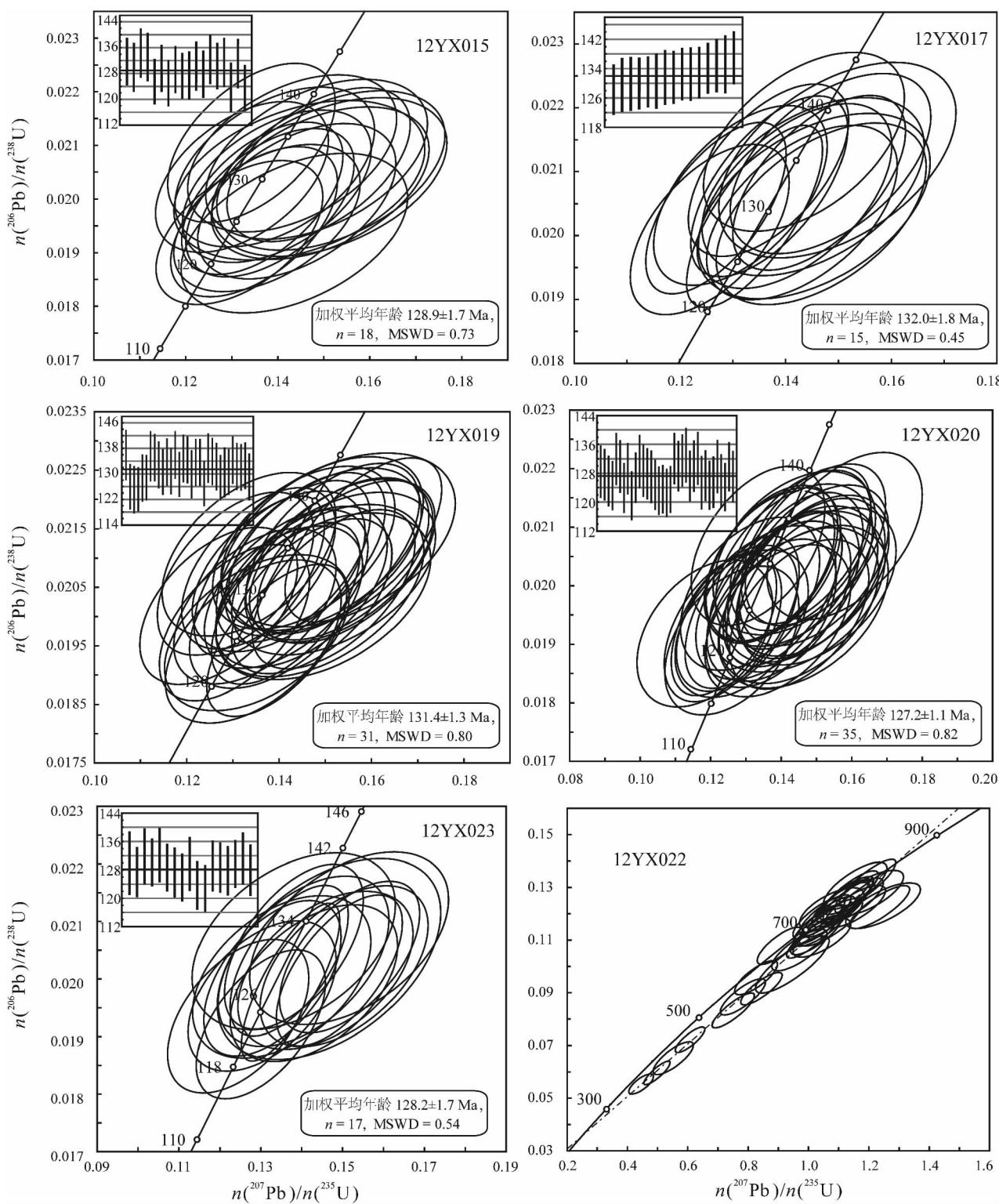


图 4 岳西地区岩浆岩锆石 U-Pb 谱和图解

Fig. 4 Zircon U-Pb concordia diagram of the magmatic rocks in Yuexi area

± 1.8 Ma ($n = 15$)。其中年龄值小的一组锆石 CL 照片颜色较深,且不具岩浆锆石的典型环带,可能属热液成因锆石。在其他样品中 (12YX004-1,

12YX023)也发现有少量类似锆石,指示可能存在相应时间的热事件。谢智等(2004)曾报道过北大别山地区具有 A 型花岗岩特征的辉石二长岩脉的

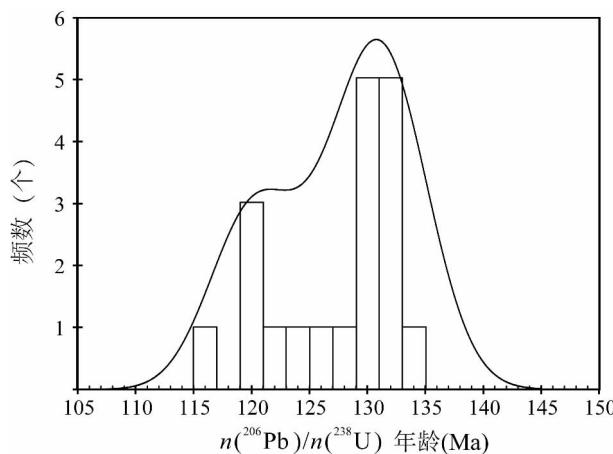


图 5 秦家河岩体似斑状二长花岗岩
(12YX017) 中锆石年龄频谱图

Fig. 5 Spectrogram of zircon ages of porphyric monzogranite (12YX017) from the Qinjiahe pluton

锆石 U-Pb 年龄为 119.0 ± 3.2 Ma, 指示在 120 Ma 存在一次岩浆热事件。

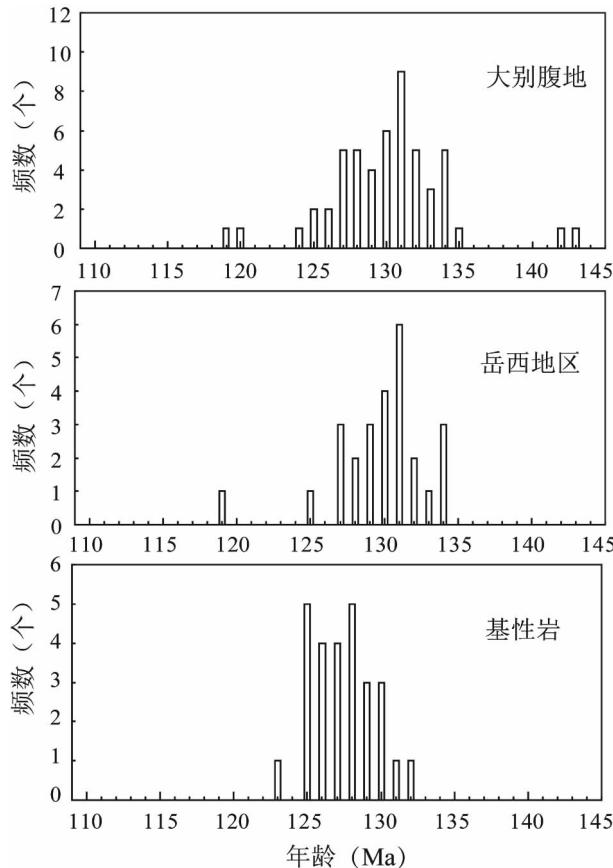


图 6 大别造山带中生代岩浆岩年龄频谱图
(资料来源见表 2)

Fig. 6 Age spectrogram of the Mesozoic magmatic rocks in the Dabie Orogenic Belt (references same as table 2)

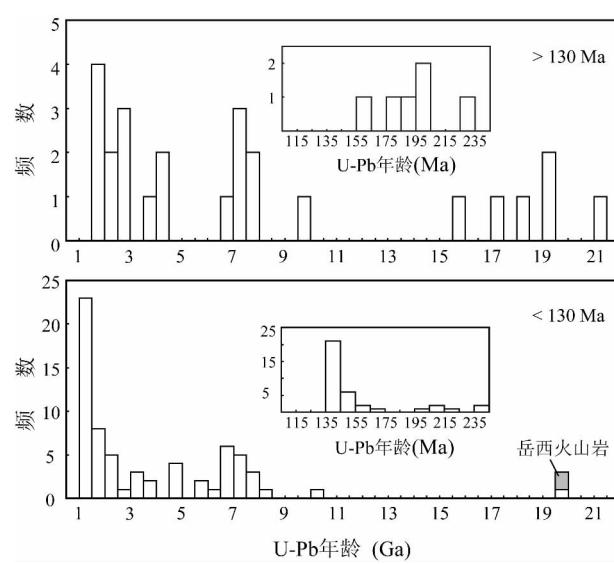


图 7 大别造山带中生代岩浆岩继承锆石
年龄统计图 (资料来源同表 2)

Fig. 7 Statistics of inherited zircons ages of Mesozoic magmatic rocks, Dabie orogen (references same as table 2)

依据野外地质、岩石类型和高精度定年数据, 岳西地区岩浆岩可以划分为 2 个阶段: 134 ~ 130 Ma, 包括响肠岩体、中关岩体、秦家河岩体及马潭岩体, 岩石类型有石英二长闪长岩—石英二长岩—花岗闪长岩; 130 ~ 125 Ma, 主要是天柱山岩体、岳西岩体、飞旗寨岩体等较大的几个岩体以及脉岩, 岩石类型有石英二长闪长岩—二长花岗岩—钾长花岗岩及脉岩, 脉岩的主要岩石类型包括石英正长斑岩、细粒花岗岩和辉绿岩。早阶段岩浆岩总体偏中性, 常含角闪石, 而晚阶段岩浆岩主体偏酸性, 普遍不含角闪石。岳西扁担梁地区的火山岩和潜火山岩年龄介于早晚两阶段之间, 考虑到岳西扁担梁地区的火山岩和潜火山岩在岩石类型上偏基性, 划归于晚阶段岩浆活动。

3.2 大别腹地中生代岩浆岩年代学格架

大别造山带岩浆岩的年代学研究起步较晚, 且早先由于技术手段的限制, 数据质量不高。近年来, 锆石以其广泛存在于各类岩石中, 富含 U 和 Th, 低普通 Pb 以及非常高的矿物稳定性, 使其成为同位素年代学研究中最常用和最有效的矿物 (吴元宝等, 2004)。本文选择已发表的高精度年代学数据, 结合本次的工作成果, 初步建立大别腹地中生代岩浆岩年代学格架。

张超等 (2008) 报道的张榜岩体的锆石年龄为 150.3 ± 2.0 Ma, 是目前已知的大别造山带中生代岩

浆岩最老的年龄,但是由于测试锆石的阴极发光图像不具典型岩浆锆石的韵律环带,且颜色发黑,因而该年龄值仅做参考。现有数据表明,大别腹地中生代岩浆岩的年龄介于 109~143 Ma 之间(表 2),峰值在 125~134 Ma(图 6)。目前,大别腹地中生代岩浆岩最老的可靠年龄为 142±3 Ma(鹅公包岩体)和 143±3 Ma(云峰顶岩体)(Wang Qiang et al., 2007),两个岩体都具有 Adakite(高锶低钇中酸性岩,有人译为埃达克岩)所具有的高 Sr/Y 特征,被认为形成于加厚下地壳的部分熔融。最年轻的年龄为 120.4±1.2 Ma(白鸭山岩体)(Chen Ling et al., 2009) 和 119.0±3.2 Ma(岳西沙村辉石黑云二长岩岩脉)(谢智等,2004),二者都具有 A-型花岗岩的特征,可以代表大别腹地燕山期岩浆活动的结束。

虽然大别造山带中生代岩浆岩在形成时代上较为连续,但是由于这些岩石的岩石类型和地球化学特征从早到晚变化较大。以 130 Ma 为界,具有高 Sr 低 Y 地球化学特征的岩石只出现在早期,如鹅公包花岗岩岩体(142±3 Ma)、云峰顶花岗岩岩体(143±3 Ma)和父子岭二长花岗岩岩体(129±3 Ma)(Wang Qiang et al., 2007);刘家洼二长花岗岩体(135.4±2.7 Ma)和分流铺二长花岗岩体(139.0±1.0 Ma)(马昌前等,2003);梅川花岗岩岩体、赤土岭闪长岩岩体和光辉花岗岩岩体,这些岩体的形成时代集中于 130~131 Ma(Huang Fang et al., 2008; Zhang Chao et al., 2010; 何永胜,2010)。岩石类型以石英二长岩和二长花岗岩为主,被认为形成于加厚基性下地壳(>50 km)的部分熔融(马昌前等,

表 2 大别造山带中生代岩浆岩年龄表

Table 2 Isotope ages of the Mesozoic magmatic rocks from Dabie Orogenic belt

岩体/火山 岩地层	岩性	测定对象	年龄 (Ma)	误差 (Ma)	方法	来源
中酸性岩						
主簿源	花岗岩	锆石	128	3	SHRIMP	赵子福等,2004
主簿源	花岗岩	锆石	126	5	SHRIMP	赵子福等,2004
主簿源	花岗岩	锆石	127	3	LA-ICP-MS	Xie Zhi et al., 2006
主簿源	花岗岩	锆石	128	2	LA-ICP-MS	Xie Zhi et al., 2006
主簿源	石英闪长岩	锆石	131	2	SHRIMP	Hacker et al., 1998
主簿源	石英闪长岩	锆石	132	6	TIMS	Hacker et al., 1998
主簿源	花岗岩	全岩+矿物	127		Rb-Sr 法	魏春景等,2000
主簿源	花岗岩	全岩+矿物	125		Rb-Sr 法	魏春景等,2000
主簿源北	花岗闪长岩	锆石	125.6	0.3	TIMS	Xue Feng et al., 1997
舒潭	斑状二长花岗岩	锆石	132.3	1.0	SHRIMP	Xu Haijin., 2007
舒潭	钾长花岗岩	锆石	127.9	0.8	SHRIMP	Xu Haijin., 2007
天柱山	碱长花岗岩	锆石	127.7	1.0	LA-ICP-MS	薛怀民等,2011
天柱山	花岗闪长岩	锆石	127.8	0.7	LA-ICP-MS	薛怀民等,2011
天柱山	黑云母二长花岗岩	锆石	127.0	1.2	LA-ICP-MS	刘磊等,2011
响肠	角闪石英二长岩	锆石	131.5	1.2	LA-ICP-MS	刘磊等,2011
响肠	角闪石英二长岩	锆石	131.4	1.2	LA-ICP-MS	刘磊等,2011
天柱山	花岗岩	锆石	129	20	SHRIMP	赵子福等,2004
天柱山	花岗岩	锆石	131.1	1.6	SHRIMP	赵子福等,2004
岳西西	正片麻岩	锆石	133.7	2.3	TIMS	Xue Feng et al., 1997
岳西西	正片麻岩	锆石	134.0	2.8	TIMS	Xue Feng et al., 1997
沙村	辉石黑云二长岩	锆石	119.0	3.2	SHRIMP	谢智等,2004
沙村	粗安质晶屑凝灰岩	锆石	129.6	2.6	TIMS	薛怀民等,2002
团岭	二长花岗岩	锆石	134	8	U-Pb	路玉林等,1999
团岭	二长闪长岩	锆石	130	10	SHRIMP	Zhao Zifu et al., 2007
团岭	石英闪长岩	锆石	134	3	SHRIMP	Hacker et al., 1998
司空山	花岗岩	黑云母	125.8	1.9	Ar-Ar	陈江峰,1995
司空山	花岗闪长岩	角闪石	129.1	0.5	Ar-Ar	陈江峰,1995
鹅公包	花岗岩	锆石	142	3	SHRIMP	Wang Qiang et al., 2007
云峰顶	花岗岩	锆石	143	3	SHRIMP	Wang Qiang et al., 2007
父子岭	二长花岗岩	锆石	129	3	SHRIMP	Wang Qiang et al., 2007
石鼓尖	角闪石英二长岩	锆石	132.8	4.3	SHRIMP	Xu Haijin et al., 2007

续表2

岩体/火山 岩地层	岩性	测定对象	年龄 (Ma)	误差 (Ma)	方法	来源
中酸性岩						
白马尖	花岗岩	锆石	124	10	SHRIMP	Zhao Zifu et al. , 2007
梅川	花岗岩	黑云母	115.8	0.4	Ar-Ar	陈江峰等,1995
梅川	花岗岩	锆石	131.8	1.0	LA-ICP-MS	Zhang Chao et al. 2010
梅川	高镁埃达克岩	锆石	131	1	Cameca	何永胜,2010
光辉	高镁埃达克岩	锆石	130	2	Cameca	何永胜,2010
雷家店	片麻状花岗岩	锆石	133	2	SHRIMP	Hacker et al. , 1998
刘家洼	花岗岩	锆石	135.4	2.7	TIMS	马昌前等,2003
赤土岭	闪长岩	锆石	131	3	SHRIMP	Huang Fang et al. , 2008
白鸭山	花岗岩	锆石	120.4	1.2	LA-ICP-MS	Chen Ling et al. , 2009
张榜	黑云母二长花岗岩	锆石	150.3	2.0	LA-ICP-MS	张超等,2008
响肠	石英二长岩	锆石	129.9	1.9	LA-ICP-MS	本次研究
响肠	细粒花岗岩	锆石	129.0	2.2	LA-ICP-MS	本次研究
响肠	钾长花岗斑岩	锆石	125.2	1.4	LA-ICP-MS	本次研究
飞旗寨	黑云母二长花岗岩	锆石	127.4	1.7	LA-ICP-MS	刘晓强等,2015
岳西	黑云母石英二长岩	锆石	128.5	1.4	LA-ICP-MS	刘晓强等,2015
潜火山岩	闪长玢岩	锆石	131.2	1.2	LA-ICP-MS	本次研究
毛坦厂组	安山质熔结凝灰岩	锆石	130.1	1.7	LA-ICP-MS	本次研究
中关	石英闪长岩	锆石	133.6	1.3	LA-ICP-MS	本次研究
中关	似斑状石英闪长岩	锆石	133.0	1.5	LA-ICP-MS	本次研究
中关	细粒黑云花岗岩	锆石	130.6	1.2	LA-ICP-MS	本次研究
天柱山	黑云二长花岗岩	锆石	130.9	2.0	LA-ICP-MS	本次研究
秦家河	二长花岗斑岩	锆石	132.0	1.8	LA-ICP-MS	本次研究
秦家河	似斑状花岗闪长岩	锆石	131.4	1.3	LA-ICP-MS	本次研究
响肠	黑云母二长花岗岩	锆石	127.2	1.1	LA-ICP-MS	本次研究
天柱山	黑云母二长花岗岩	锆石	129.5	1.6	LA-ICP-MS	本次研究
基性岩						
漆柱山	辉长岩	锆石	122.9	0.6	TIMS	王江海等,2002
小河口	闪长岩	锆石	127	6	TIMS	李曙光等,1999
祝家铺	闪长岩	锆石	130.2	1.4	TIMS	李曙光等,1999
金寨银沙畈	辉长岩脉	锆石	125.8	2.7	SHRIMP	王世明等,2010
湖北大悟	闪斜煌斑脉岩	锆石	129.6	2.5	SHRIMP	王世明等,2010
北大别	辉绿岩脉	全岩	128.3	0.1	Ar-Ar	Wang Yuejun et al. , 2005
北大别	煌斑岩	全岩	128.2	0.2	Ar-Ar	Wang Yuejun et al. , 2005
北大别	煌斑岩	全岩	129.6	0.2	Ar-Ar	Wang Yuejun et al. , 2005
北大别	辉绿岩脉	全岩	131.8	0.3	Ar-Ar	Wang Yuejun et al. , 2005
北大别	辉绿岩脉	全岩	127.6	0.2	Ar-Ar	Wang Yuejun et al. , 2005
沙村	辉长岩	锆石	128	2	TIMS	Zhao Zifu et al. , 2005
沙村	辉长岩	锆石	125	2	SHRIMP	Zhao Zifu et al. , 2005
沙村	辉石岩	锆石	125	3	SHRIMP	Zhao Zifu et al. , 2005
椒子岩	辉长岩	锆石	127	3	TIMS	Zhao Zifu et al. , 2005
北淮阳	基性岩脉	锆石	129	1	SIMS	Dai Liqun et al. , 2011
道士冲	富斜长石角闪石岩	锆石	125	1	SIMS	Dai Liqun et al. , 2011
道士冲	富斜长石角闪石岩	锆石	129	1	LA-ICP-MS	Dai Liqun et al. , 2011
祝家铺	辉石岩	锆石	128	1	SIMS	Dai Liqun et al. , 2011
祝家铺	辉石岩	锆石	126	1	LA-ICP-MS	Dai Liqun et al. , 2011
祝家铺	富斜长石角闪石岩	锆石	126	2	SIMS	Dai Liqun et al. , 2011
祝家铺	富斜长石角闪石岩	锆石	126	1	LA-ICP-MS	Dai Liqun et al. , 2011
道士冲	角闪石岩	锆石	129	1	LA-ICP-MS	Dai Liqun et al. , 2012
祝家铺	角闪石岩	锆石	125	3	LA-ICP-MS	Dai Liqun et al. , 2012
道士冲	富斜长石角闪石岩	锆石	127	2	LA-ICP-MS	Dai Liqun et al. , 2012
祝家铺	角闪石岩	锆石	127	1	LA-ICP-MS	Dai Liqun et al. , 2012

2003; Wang Qiang et al., 2007; Xu Haijin et al., 2007; Huang Fang et al., 2008; Zhang Chao et al., 2010; 何永胜, 2010)。大别腹地除发育大量的中生代中酸性岩之外,还出露有少量的基性岩,绝大多数定年数据指示其形成时代晚于 130 Ma(图 6,资料来源见表 2),暗示直至晚期,岩石圈地幔发生了一定程度的部分熔融,这可能与 130 Ma 左右加厚基性下地壳连同岩石圈地幔发生拆沉,随后进入软流圈后被加热有关。晚于 130 Ma 的岩浆岩还包括大量的以二长花岗岩和钾长花岗(斑)岩为主的岩石,这些岩石形成的峰期为 128 Ma 左右,没有高 Sr 低 Y 地球化学特征,形成于减薄后(< 35 km)的地壳部分熔融,(Xu Haijin et al., 2007; 何永胜, 2010; 陈玲等, 2012)。

考虑到具有高 Sr/Y 值特征的中酸性岩所代表的加厚地壳的构造背景在 130 Ma 之后不复存在及 A-型花岗岩的出现,本文将大别腹地燕山期岩浆活动划分为三个期次:早期为 143 ~ 130 Ma, 岩石类型以花岗闪长岩—二长花岗岩为主,常以大岩基之间的中小岩体形式产出,多数岩石具有高 Sr 低 Y 地球化学特征,部分发育定向等弱变形,形成于加厚基性下地壳的部分熔融;中期为 129 ~ 125 Ma, 岩石类型以二长花岗岩—钾长花岗岩为主,也包括辉长岩—辉石岩一角闪石岩等基性侵入体以及安山质火山岩,常以大岩基产出。该阶段岩浆岩不具有高 Sr 低 Y 地球化学特征,也不发育弱变形,形成于拆沉后岩石圈地幔和中下地壳的部分熔融,沿郯庐断裂带分布的高镁 Adakite 介于早、中阶段岩浆岩之间,成因上与下地壳拆沉有关;晚期为 120 ~ 119 Ma, 主要为具有 A 型花岗岩特征的小型侵入体,形成于减薄环境下中下地壳的深熔作用。

3.3 继承锆石组成及其地质意义

锆石是岩浆岩中常见的副矿物之一。就岩浆体系而言,锆石可以分为三种来源:继承锆石、捕获锆石和岩浆结晶过程形成的锆石。“基性岩和碱性岩由于较高的熔融温度和 Zr 溶解度而含有为数不多的继承锆石;而非碱性、花岗质岩浆中 Zr 的溶解度较低(Watson and Harrison, 1983)且锆石在水不饱和的花岗质岩浆中溶解速率缓慢(Harrison and Watson, 1983),因而在地壳物质部分熔融过程中会将源区中颗粒粗大的锆石保存在所形成的花岗质岩石中(Watson, 1996)。

大别造山带业已报道大量的继承锆石信息,这些继承锆石年龄主要集中在三个时间段(赵子福和

郑永飞, 2009; 赵子福等, 2013):古元古代中期(1900 ~ 2000 Ma)、新元古代(~750 Ma)和三叠纪(~230 Ma)。由于继承锆石是岩浆直接从源区继承而来,因而能够反映其源区性质。郑永飞(2008)根据对大别—苏鲁造山带内的超高压变质岩原岩的地球化学性质研究,认为三叠纪进入地幔的深俯冲物质是华南岩石圈地幔和地壳,而这一时期华南岩石圈地幔和地壳的组成包括少量古元古代—太古代变质岩、新元古代岩浆岩及新元古—古生代的表壳岩石(Zheng Yongfei et al., 2005; Wu Yuanbao et al., 2006; Tang Jun et al., 2008),分别与大别造山带已报道的继承锆石年龄时间相对应。相比而言华北板块缺乏新元古代时期的岩浆作用,因而新元古代岩浆岩是否发育是区分构造归属为华南地块或华北地块的首要标志(郑永飞等, 2007)。大别造山带中生代早—中期岩浆岩中普遍发育的新元古代和三叠纪继承锆石,分别与大别—苏鲁造山带超高压正变质岩的原岩年龄和超高压变质岩年龄一致,表明这些岩浆岩的源区物质主要为新元古代火成岩并经历了三叠纪变质作用(赵子福等, 2013)。

本次工作在岳西地区中生代岩浆岩中发现了大量的继承锆石,主要包括 4 个时间段:古元古代(1900 ~ 2120 Ma)、新元古代(670 ~ 800 Ma)、三叠纪(185 ~ 240 Ma)和晚侏罗世—早白垩世(140 ~ 170 Ma)。通过对比发现,除岳西火山岩和潜火山岩外,古元古代继承锆石多出现在 130 Ma 之前的早期岩浆岩中,而晚侏罗世—早白垩世年龄锆石则多出现在 130 Ma 之后,新元古代和三叠纪继承锆石在早、中期岩浆岩中均有发现。岳西扁担梁火山岩和其中的潜火山岩也具有古元古代继承锆石,可能是其年龄介于早、中阶段岩浆岩之间,在源区有加厚地壳的贡献。在此基础上收集了前人已报道的大别造山带中生代岩浆岩中继承锆石年龄数据,综合本文和前人报道的继承锆石数据,古元古代继承锆石多出现在大于 130 Ma 的早期岩浆岩中,晚侏罗纪—早白垩纪的年龄多出现在中期岩浆岩中,而新元古代和三叠纪继承锆石在早—中期岩浆岩中都存在(图 7)。

岳西地区中生代岩浆岩中古元古代中期、新元古代和三叠纪继承锆石的发现,与前人的研究成果非常一致,分别对应岩浆源区的古元古代中期变质岩、新元古代岩浆岩及三叠纪超高压变质岩年龄。新元古代和三叠纪继承锆石在早、中期岩浆岩中均有发现,指示岩浆源区存在新元古代岩浆岩,并经历

了三叠纪深俯冲。古元古代中期继承锆石年龄只出现在早期岩浆岩(>130 Ma)中,指示早期岩浆物源中包含古老的下地壳;而 $140\sim170$ Ma的锆石年龄只出现在中期岩浆岩中(<130 Ma),指示中期岩浆岩的源区存在 $140\sim170$ Ma时期热事件的产物。岳西地区获得的 $140\sim170$ Ma年龄的锆石的CL图像具有岩浆锆石的环带特征或分带,锆石的Th/U比(0.62~1.62)也具有岩浆锆石的特征,指示该 $140\sim170$ Ma的热事件产物可能为岩浆岩。苏鲁造山带内存在侏罗纪晚期的岩浆活动(胡芳芳等,2004;郭敬辉等,2005),其形成时代为 $140\sim161$ Ma。大别造山带除Wang Qiang et al. (2007)报道的云峰顶岩体和鹅公包岩体年龄外,尚未发现这一时期的岩浆岩。虽然如此,但是对广泛分布在北大别构造带的混合岩的研究指示这一时期的部分熔融(Wu Yuanbao et al., 2007)。岳西地区中期岩浆岩(<130 Ma)中出现较多的 $140\sim170$ Ma的年龄,指示其源区存在该时期的混合岩化—深熔作用。李曙光等(2013)基于克拉通岩石圈地幔的地温梯度($6.6^{\circ}\text{C}/\text{km}$)和玄武质地壳熔融温度(1000°C),估计了在造山带下地壳发生部分熔融时,其岩石圈地幔厚度应小于45 km。提出造山带山根垮塌的两阶段模型,即 145 Ma左右岩石圈突出部分由于软流圈对流侵蚀而先减薄,导致加厚中下地壳地热梯度升高而发生部分熔融,形成 130 Ma之前的富锶低钇中酸性岩;加厚镁铁质下地壳的部分熔融,诱使造山带下地壳弱化,破坏其重力平衡,而引发拆沉和山根的垮塌,形成 130 Ma之后的正常花岗岩和镁铁质岩。按照此模型, 145 Ma左右的岩石圈地幔的先期减薄过程中也可能有相应的岩浆活动。岳西地区岩浆岩中的 $140\sim170$ Ma的继承锆石可能就是这一地质过程的记录。

4 结论

(1) 14个北大别岳西地区中生代岩浆岩样品的锆石LA-ICP-MS U-Pb定年结果显示,这些岩浆岩形成于 $134\sim125$ Ma之间。且以 130 Ma为界发育两期:早期为 $134\sim130$ Ma,多为含角闪石的石英闪长岩—石英二长闪长岩—似斑状二长花岗岩;中期为 $130\sim125$ Ma,为二长花岗岩—钾长花岗岩—脉岩组合。

(2) 大别腹地(包括北大别带,南大别带和宿松带)燕山期岩浆活动可以划分为三个期次:早期为 $143\sim130$ Ma,形成于加厚基性下地壳的部分熔融;

中期为 $129\sim125$ Ma,形成于拆沉后岩石圈地幔和中下地壳的部分熔融;晚期为 $120\sim119$ Ma,形成于减薄环境下中一下地壳的深熔作用。

(3) 岳西地区两期岩浆岩中继承锆石的年龄结构表明,新元古代地壳为岩浆的主要物源,而古元古代地壳仅在早期岩浆岩中有物质贡献,岩浆源区物质普遍经历了三叠纪的超高压变质,以 130 Ma为界,大别造山带发生了造山带的垮塌。

致谢:匿名评审人对本文初稿提出宝贵修改意见,在此表示感谢!

参 考 文 献 / References

- (The literature whose publishing year followed by a “&” is in Chinese with English abstract; the literature whose publishing year followed by a “#” is in Chinese without English abstract)
- 陈江峰, 谢智, 刘顺生, 李学明, Foland K A. 1995. 大别造山冷却年龄的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 和裂变径迹年龄测定. 中国科学(D辑), 25(10): 1086~1092.
- 陈玲, 马昌前, 张金阳, 刘园园, 余振兵, 张超. 2012. 首编大别造山带侵入岩地质图(1: 50万)及其说明. 地质通报, 31(1): 13~19.
- 郭敬辉, 陈福坤, 张晓曼, Siebel W, 翟明国. 2005. 苏鲁超高压带北部中生代岩浆侵入活动与同碰撞—碰撞后构造过程: 锆石U-Pb年代学. 岩石学报, 21(4): 1281~1301.
- 何永胜. 2011. 大别造山带碰撞后花岗质岩浆作用地球化学: 对去山根过程及山根结构的制约. 导师: 李曙光. 中国科技大学博士论文.
- 胡芳芳, 范宏瑞, 杨进辉, 吴渝生, 刘敦一, 翟明国, 金成伟. 2004. 胶东乳山含金石英脉型金矿的成矿年龄: 热液锆石SHRIMP法U-Pb测定. 科学通报, 49(12): 1191~1198.
- 金成伟和郑祥身. 1998. 大别岳西地区花岗岩类岩石学及其成因. 岩石学报, 14(4): 493~502.
- 李曙光, 洪吉安, 李惠民, 江来利. 1999. 大别山辉石岩—辉长岩体的锆石U-Pb年龄及其地质意义. 高校地质学报, 5(3): 351~355.
- 李曙光, 何永胜, 王永炯. 2013. 大别造山带的去山根过程与机制: 碰撞后岩浆岩的年代学和地球化学制约. 科学通报, 58(23): 2316~2322.
- 刘敦一, 汤加富, 周存亭, 高天山, 沈荷生, 杨淳. 2002. 大别造山带核部桃源寨火山岩锆石U-Pb定年及其地质意义. 地质学报, 76(2): 217~221.
- 刘磊, 徐夕生. 2011. 大别造山带天柱山中酸性岩起源及其地质意义. 高校地质学报, 17(1): 136~150.
- 刘晓强, 闫峻, 王爱国, 李全忠, 姚洪忠. 2015. 北大别岳西岩体和飞旗寨岩体的LA-ICP-MS锆石U-Pb定年及其地质意义. 地球化学, 44(2): 155~166.
- 路玉林, 钱存超, 贾十军. 1999. 安徽大别山团岭花岗岩体岩石学特征及成因. 安徽地质, 9(3): 172~177.
- 马昌前, 杨坤光, 明厚利, 林广春. 2003. 大别山中生代地壳从挤压转向伸展的时间: 花岗岩的证据. 中国科学(D辑), 33(9): 817~827.
- 王江海, 邓尚贤. 2002. 湖北大别镁铁—超镁铁质侵入体的时代: 锆石U-Pb, Sm-Nd和 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年结果. 中国科学(D辑), 32(1): 1~9.

- 王世明, 马昌前, 王琳燕, 张金阳, 杨颖. 2010. 大别山早白垩世基性岩脉 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年、地球化学特征及成因. 地球科学, 35(4): 572~584.
- 魏春景, 张立飞, 王式洸. 2000. 安徽省大别山东段中生代高钾花岗质岩石及其地质意义. 中国科学(D辑), 30(4): 355~363.
- 吴元宝和郑永飞. 锆石成因矿物学研究及其对 U-Pb 年龄解释的制约. 科学通报, 2004, 49(16): 1589~1604.
- 徐小军, 赵子福, 郑永飞, 魏春生. 2005. 大别造山带天柱山燕山期中酸性岩浆岩元素和同位素地球化学研究. 岩石学报, 21(03): 607~622.
- 薛怀民, 董树文, 刘晓春. 2002. 北大别东部白垩纪埃达克质火山岩及其锆石 U-Pb 年代学. 地球化学, 31(5): 455~463.
- 薛怀民, 马芳, 赵逊, 吴维平. 2011. 大别山造山带东南部天柱山花岗岩类侵入体的特征及其 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄. 岩石矿物学杂志, 30(5): 935~950.
- 夏群科, 郑永飞, Deloule E. 2003. 大别山碰撞后火山岩的锆石 U-Pb 年龄和氧同位素组成. 高校地质学报, 9(2): 163~171.
- 谢智, 郑永飞, 闫峻, 钱卉. 2004. 大别山沙村中生代 A 型花岗岩和基性岩的源区演化关系. 岩石学报, 20(5): 1175~1184.
- 张超, 马昌前. 2008. 大别山晚中生代巨量岩浆岩的启动: 花岗岩锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素制约. 矿物岩石, 28(4): 71~79.
- 赵子福, 郑永飞, 魏春生, 吴元宝. 2004. 大别山中生代中酸性岩浆岩锆石 U-Pb 定年、元素和氧同位素地球化学研究. 岩石学报, 20(5): 1151~1174.
- 赵子福和郑永飞. 2009. 俯冲大陆岩石圈重熔: 大别—苏鲁造山带中生代岩浆岩成因. 中国科学(D辑), 39(7): 888~909.
- 赵子福, 郑永飞, 戴立群. 2013. 大陆碰撞造山带花岗岩中继承锆石成因与岩浆源区性质. 科学通报, 58(23): 2285~2289.
- 郑永飞, 张少兵. 2007. 华南前寒武纪大陆地壳的形成和演化. 科学通报, 52(1): 1~12.
- 郑永飞. 2008. 超高压变质与大陆碰撞研究进展: 以大别—苏鲁造山带为例. 科学通报, 53(18): 2129~2152.
- Chen Jiangfeng., Xie Zhi, Liu Shunsheng, Li Xueming, Foland, K. A. 1995. Cooling age of Dabie orogen, China, determined by ^{40}Ar - ^{39}Ar and fission track techniques. Science in China (Series D) 38(6): 749~757.
- Chen Ling, Ma Changqian, She Zhenbing, Mason R, Zhang Jinyang, Zhang Chao. 2009. Petrogenesis and tectonic implications of A-type granites in the Dabie orogenic belt, China: geochronological and geochemical constraints. Geol. Mag., 146(5): 638~651.
- Chen Ling, Ma Changqian, Zhang Jinyang, Liu Yuanyuan, She Zhengbing, Zhang Chao. 2012&. The first geological map of intrusive rocks in Dabie orogenic belt and its adjacent areas and its explanatory notes. Geological Bulletin of China, 31(1): 13~19.
- Dai Liqun, Zhao Zifu, Zheng Yongfei, Li Qiuli, Yang Yueheng, Dai Mengning. 2011. Zircon Hf-O isotope evidence for crust-mantle interaction during continental deep subduction. Earth and Planetary Science Letters, 308: 229~244.
- Dai Liqun, Zhao Zifu, Zheng Yongfei, Zhang Juan. 2012. The nature of orogenic lithospheric mantle: geochemical constraints from postcollisional mafic-ultramafic rocks in the Dabie orogen. Chemical Geology, 334: 99~121.
- Guo Jinghui, Chen Fukun, Zhang Xiaoman, Siebel W, Zhai Mingguo. 2005&. Evolution of syn- to post-collisional magmatism from north Sulu UHP belt, eastern China: zircon U-Pb geochronology. Acta Petrologica Sinica, 21(4): 1281~1301.
- Hacker B R, Ralschbacher L, Webb L, Iceland T, Walker D, Dong Shuwen. 1998. U/Pb zircon ages constrain the architecture of the ultrahigh-pressure Qinling-Dabie Orogen, China. Earth Planet Science Letters, 161(1~4): 215~230.
- Harrison T M, Watson E B. 1983. Kinetics of zircon dissolution and zirconium diffusion in granitic melts of variable water content. Contributions to Mineralogy and Petrology, 84: 66~72.
- He Yongsheng, Li Shuguang, Hoefs J, Huang Fang, Liu Shengao, Hou Zhenhui. 2011. Post-collisional granitoids from the Dabie orogen: New evidence for partial melting of a thickened continental crust. Geochimica et Cosmochimica Acta, 75: 3815~3838.
- He Yongsheng. 2011&. Geochemistry of post-collisional granitic magmatism from the Dabie orogen: Constraints on removal processes and architecture of the mountain root. Supervisor: Li Shuguang. dissertation for doctor's degree of University of Science and Technology of China.
- Hu Fangfang, Fan Hongrui, Yang Jinghui, Wan Yusheng, Liu Dunyi, Zhai Mingguo, Jin Chengwei. 2004. Mineralizing age of the Rushan lode gold deposit in the Jiaodong Peninsula: SHRIMP U-Pb dating on hydrothermal zircon. Chinese Science Bulletin, 49: 1629~1636.
- Huang Fang, Li Shuguang, Dong Feng, He Yongsheng, Chen Fukun. 2008. High-Mg adakitic rocks in the Dabie orogen, central China: Implications for foundering mechanism of lower continental crust. Chemical Geology, 255: 1~13.
- Jahn B M, Wu Fuyuan, Lo Chinghua, Tsai C H. 1999. Crust-mantle interaction induced by deep subduction of the continental crust: geochemical and Sr-Nd isotopic evidence from post-collisional mafic-ultramafic intrusions of the northern Dabie complex, central China. Chemical Geology, 157: 119~146.
- Jin Chengwei, Zheng Xiangshen. 1998&. Petrology and genesis of the Yuexi granitoids in Eastern Dabie, China. Acta Petrologica Sinica, 14(4): 493~502.
- Li Shuguang, Hong Jian, Li Huimin, Jiang Laili. 1999&. U-Pb zircon ages of the pyroxenite-gabbro intrusions in Dabie mountains and their geological implications. Geological Journal of China Universities, 5(3): 351~355.
- Li Shuguang, He Yongsheng, Wang Shuijiong. 2013. Process and mechanism of mountain-root removal of the Dabie Orogen: Constraints from geochronology and geochemistry of post-collisional igneous rocks. Chinese Science Bulletin, 58, doi: 10.1007/s11434-013-6065-y.
- Liou J G, Zhang Ruyuan, Eide E A, Eide E A, Maruyama S, 1996. Metamorphism and tectonics of high-pressure and ultra-highpressure belts in the Dabie-Sulu region, China. World and Regional Geology, 300~344.
- Liu Dunyi, Tang Jiafu, Zhou Cunting, Gao Tianshan, Shen Hesheng, Yang Chun. 2002&. U-Pb zircon dating and its geological significance of the Taoyuanzhai volcanic rock, central Dabie Orogenic Belt. Acta Geologica Sinica, 76(2): 217~221.
- Liu Lei, Xu Xisheng. 2011&. Genesis of the Tianzhushan intermediate-felsic rocks from the Dabie Orogen and its geological significance. Geological Journal of China Universities, 17(1): 136~150.
- Liu Xiaoqiang, Yan Jun, Wang Aiguo, Li Quanzhong, Yao Hongzhong. 2015&. LA-ICPMS zircon U-Pb dating of the Yuexi and Feiqizhai plutons in the north Dabie region and its geological significance. Geochimica, 44(2): 155~166.
- Liu Yican, Li Shuguang, Xu Shutong. 2007. Zircon SHRIMP U-Pb dating for gneisses in northern Dabie high T/P metamorphic zone, central China: Implications for decoupling within subducted

- continental crust. *Lithos*, 96(1): 170 ~ 185.
- Liu Yongsheng, Hu Zhaochu, Gao Shan, Günther D, Xu Juan, Gao Changgui, Chen Haihong. 2008. In situ analysis of major and trace elements of anhydrous minerals by LA-ICP-MS without applying an internal standard. *Chem. Geol.*, 257(1/2): 34 ~ 43.
- Liu Yongsheng, Gao Shan, Hu Zhaochu, Gao Changgui, Zong Keqing, Wang Dongbing. 2010. Continental and oceanic crust recycling-induced melt—peridotite interactions in the Trans-North China Orogen: U-Pb dating, Hf isotopes and trace elements in zircons of mantle xenoliths. *J. Petrol.*, 51(1/2): 537 ~ 571.
- Lu Yulin, Qian Cunchao, Jia Shijun. 1999&. The petrological features and genesis of the Tuanling granit intrusive in the Dabie Mts, Anhui. *Geology of Anhui*, 9(3): 172 ~ 177.
- Ludwig K. 2001. Isoplot/Ex 2.49, a geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkely Geochronology Center, Special Publication No. 1a.
- Ma Changqian, Li Zhichang, Ehlers C, Yang Kungang, Wang Renjing. 1998. A post-collisional magmatic plumbing system: Mesozoic granitoid plutons from the Dabieshan high-pressure and ultrahigh-pressure metamorphic zone, east-central China. *Lithos*, 45(1/4): 431 ~ 456.
- Ma Changqian, Yang Kunguang, Ming Houli, Lin Guangchun. 2004. The timing of tectonic transition from compression to extension in Dabieshan: evidence from Mesozoic granites. *Science in China (Series D)*, 47(5): 453 ~ 462.
- Tang Jun, Zheng Yongfei, Wu Yuanbao, Gong Bing, Zha Xiangping, Liu Xiaoming. 2008. Zircon U-Pb age and geochemical constraints on the tectonic affinity of the Jiaodong terrane in the Sulu orogen, China. *Precambrian Research*, 161(3/4): 389 ~ 418.
- Wang Jianghai, Deng Shangxian. 2002#. Emplacement age for the mafic—ultramafic plutons in the northern Dabie Mts, Hubei: Zircon U-Pb, Sm-Nd and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating. *Science in China (Series D)*, 2002, 32(1): 1 ~ 9.
- Wang Qiang, Wyman D A, Xu Jifeng, Jian Ping, Zhao Zhenhua, Li Chaofeng, Xu Wei, Ma Jinlong, He Bin. 2007. Early Cretaceous adakitic granites in the Northern Dabie Complex, central China: Implications for partial melting and delamination of thickened lower crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71: 2609 ~ 2636.
- Wang Shiming, Ma Changqian, Wang Linyan, Zhang Jinyang, Yang Ying. 2010&. SHRIMP zircon U-Pb dating, geochemistry and genesis of early Cretaceous basic dykes from the Dabie orogen. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 35(4): 572 ~ 584.
- Wang Yuejun, Fan Weiming, Peng Touping, Zhang Hongfu, Guo Feng. 2005. Nature of the Mesozoic lithospheric mantle and tectonic decoupling beneath the Dabie Orogen, Central China: Evidence from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology, elemental and Sr—Nd—Pb isotopic compositions of Early Cretaceous mafic igneous rocks. *Chemical Geology*, 220: 165 ~ 189.
- Watson E B, Harrison T M. 1983. Zircon saturation revisited: Temperature and composition effects in a variety of crustal magma types. *Earth and Planetary Science Letters*, 64(2): 295 ~ 304.
- Watson E B. 1996. Dissolution, growth and survival of zircons during crustal fusion: Kinetic principles, geological models and implications for isotopic inheritance. *Geological Society of America Special Papers*, 87: 43 ~ 56.
- Wei Chunjing, Zhang Lifei, Wang Shiguang. 2001. Mesozoic high-K granitic rocks from the eastern Dabie Mountains, Central China and their geological implications. *Science in China (Series D)*, 44(6): 525 ~ 534.
- Wu Yuanbao and Zheng Yongfei. 2004#. Studies on genesis mineralogy of zircons and its constraint to the explanation for U-Pb isotope dating. *Chinese Science Bulletin*, 49(16): 1089 ~ 1090.
- Wu Yuanbao, Zheng Yongfei, Zhao Zifu, Gong Bing, Liu Xiaoming, Wu Fuyuan. 2006. U-Pb, Hf and O isotope evidence for two episodes of fluid-assisted zircon growth in marble-hosted eclogites from the Dabie orogen. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70: 3743 ~ 3761.
- Wu Yuanbao, Zheng Yongfei, Zhang Shaobing, Zhao Zifu, Wu Fuyuan, Liu Xiaoming. 2007. Zircon U-Pb ages and Hf isotope compositions of migmatite from the North Dabie terrane in China: constraints on partial melting. *Journal of Metamorphic Geology*, 25: 991 ~ 1009.
- Xia Kunke, Zheng Yongfei, Deloule Etienne. 2003&. U-Pb ages and oxygen isotope compositions of zircons from post-collisional volcanic rocks of Dabieshan. *Geological Journal of China Universities*, 9(2): 163 ~ 171.
- Xie Zhi, Zheng Yongfei, Yanjun, Qianhui. 2004&. Source evolution relationship between A-type granites and mafic rocks from Shacun in Dabieshan. *Acta Petrologica Sinica*, 20(5): 1175 ~ 1184.
- Xie Zhi, Zheng Yongfei, Zhao Zifu, Wu Yuanbao, Wang Zhengrong, Chen Jiangfeng, Liu Xiaoming, Wu Fuyuan. 2006. Mineral isotope evidence for the contemporaneous process of Mesozoic granite emplacement and gneiss metamorphism in the Dabie orogen. *Chem. Geol.*, 231(3): 214 ~ 235.
- Xu Haijin, Ma Changqian, Ye Kai. 2007. Early Cretaceous granitoids and their implications for the collapse of the Dabie orogen, eastern China: SHRIMP zircon U-Pb dating and geochemistry. *Chem. Geol.*, 240(3/4): 238 ~ 259.
- Xu Shutong, Liu Yican, Su Wen, Wang Rucheng, Jiang Laili, Wu Weiping. 2000. Discovery of the eclogite and its petrography in the Northern Dabie Mountains. *Chinese Science Bulletin*, 45(3): 273 ~ 278.
- Xu Xiaojun, Zhao Zifu, Zheng Yongfei, Wei Chunsheng. 2005&. Element and isotope geochemistry of Mesozoic intermediate-felsic rocks at Tianzhushan in the Dabie orogen. *Acta Petrologica Sinica*, 21(3): 607 ~ 622.
- Xue Feng, Rowley D B, Tucker R D, Peng Zhan X. 1997. U-Pb zircon ages of granitoid rocks in the north Dabie complex, eastern Dabie Shan, China. *J. Geol.*, 105(6): 744 ~ 753.
- Xue Huaimin, Dong Shuwen, Liu Xiaochun. 2002&. U-Pb zircon dating for Cretaceous adakitic volcanic rocks in eastern part of the north Dabie Mountains. *Geochimica*, 31(5): 455 ~ 463.
- Xue Huaimin, Ma Fang, Zhao Xun, Wu Weiping. 2011&. Characteristics and LA-ICP-MS zircon U-Pb ages of the Tianzhushan granitoid intrusive body, southeastern Dabie orogen. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 30(5): 935 ~ 950.
- Zhang Chao, Ma Changqian. 2008&. Large-scale late Mesozoic magmatism in the Dabie Mountain: constraints from zircon U-Pb dating and Hf isotopes. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 28(4): 71 ~ 79.
- Zhang Chao, Ma Changqian, Holtz F. 2010. Origin of high-Mg adakitic magmatic enclaves from the Meichuan pluton, southern Dabie orogen (central China): Implications for delamination of the lower continental crust and melt—mantle interaction. *Lithos*, 119(3/4): 467 ~ 484.
- Zhao Zifu, Zheng Yongfei, Wei Chunsheng, Wu Yuanbao. 2004&.

- Zircon U-Pb age, element and oxygen isotope geochemistry of Mesozoic intermediate—felsic rocks in the Dabie Mountains. *Acta Petrologica Sinica*, 20(5): 1151~1174.
- Zhao Zifu, Zheng Yongfei, Wei Chunsheng, Wu Yuobao, Chen Fukun, Jahn B M. 2005. Zircon U-Pb age, element and C—O isotope geochemistry of post-collisional mafic—ultramafic rocks from the Dabie orogen in east—central China. *Lithos*, 83: 1~28.
- Zhao Zifu, Zheng Yongfei, Wei Chunsheng, Wu Yuobao. 2007. Post-collisional granitoids from the Dabie orogen in China: Zircon U-Pb age, element and O isotope evidence for recycling of subducted continental crust. *Lithos*, 93(3/4): 248~272.
- Zhao Zifu, Zheng Yongfei, Wei Chunsheng, Chen Fukun, Liu Xiaoming, Wu Fuyuan. 2008. Zircon U-Pb ages, Hf and O isotopes constrain the architecture of the ultrahigh-pressure Dabie orogen in China. *Chemical Geology*, 253(3/4): 222~242.
- Zhao Zifu, Zheng Yongfei. 2009. Remelting of subducted continental lithosphere: Petrogenesis of Mesozoic magmatic rocks in the Dabie—Sulu orogenic belt. *Science in China (Series D)*, 52(9): 1295~1318.
- Zhao Zifu, Zheng Yongfei, Dai Liqun. 2013. Origin of residual zircon and the nature of magma source for post-collisional granite in continental collision zone. *Chinese Science Bulletin*, 58: 2285~2289.
- Zheng Yongfei, Zhou JB, Wu Yuanbao, Xie Zhi. 2005. Low-grade metamorphic rocks in the Dabie—Sulu orogenic belt: a passive-margin accretionary wedge deformed during continent subduction. *International Geology Review*, 47(8): 851~871.
- Zheng Yongfei, Zhao Zifu, Wu Yuanbao, Zhang Shaobing, Liu Xiaoming, Wu Fuyuan. 2006. Zircon U-Pb age, Hf and O isotope constraints on protolith origin of ultrahigh-pressure eclogite and gneiss in the Dabie orogen. *Chemical Geology*, 231: 135~158.
- Zheng Yongfei, Zhang Shaobing. 2007. Formation and evolution of the Precambrian continental crust of southern China. *Chinese Science Bulletin*, 52(1): 1~10.
- Zheng Yongfei. 2008. A perspective view on ultrahigh-pressure metamorphism and continental collision in the Dabie—Sulu orogenic belt. *Chinese Science Bulletin*, 53(20): 3081~3104.

Geochronological Study on Mesozoic Magmatic Rocks in Yuexi Area, Dabie Orogen

LIU Xiaoqiang¹⁾, YAN Jun¹⁾, WANG Aiguo²⁾, LI Quanzhong¹⁾, ZHANG Yuanyuan¹⁾

1) School of Resource and Environmental Engineering, Hefei University of Technology, Hefei, 230009;

2) Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, China Geological Survey, Nanjing, 210016

Abstract: Mesozoic intrusive rocks and volcanic rocks are widely distributed in Yuexi area, North Dabie orogenic belt. Zircon U-Pb dating were carried out using LA-ICP-MS method for fourteen samples, resulting a forming age of 134~125 Ma. These rocks can be divided into two stages by 130 Ma. The first stage magmatic rocks (> 130 Ma) mainly consist of quartz diorite, quartz monzodiorite and porphyritic monzogranites; while the second stage ones (< 130 Ma) are mostly monzogranites, K-feldspar granites and dyke rocks. The inherited zircons ages in the first stage rocks are made up of Middle Paleoproterozoic (1900~2120 Ma), Neoproterozoic (670~800 Ma), and Triassic; while the second stage rocks are short of inherited zircons of Middle Paleoproterozoic, and have an inherited zircon age composition of Neoproterozoic, Triassic and 140~160 Ma. Combined the inherited zircon ages composition with the character that magmatic rocks with geochemical features of high Sr, low Y occur only at the early stage, we conclude that the early stage rocks were originated from thickened lower crust, and delamination of the lower crust and thinning of lithosphere happened at ~130 Ma; while the late stage rocks results from anatexis of middle to lower crust aged of Neoproterozoic at an after thinning background.

Keywords: Early Cretaceous; magmatic rocks; zircon U-Pb dating; inherited zircons; Yuexi area; Dabie orogenic belt

Acknowledgements: This study was supported by the Natural Science Foundation of China (No. 41272074), and the special project of geology and mineral resources evaluation from the Chinese Geological Survey Bureau (No. 12120113067800).

First author: Liu Xiaoqiang, doctoral candidate majored in mineralogy, petrology, mineral deposit geology. Email: xiaoqliu2011@163.com. Corresponding author: Yan Jun, professor majored in magmatic rocks and geochemistry. Email: junyan@hfut.edu.cn.

Manuscript received on: 2015-04-08; Accepted on: 2015-04-08; Edited by: ZHANG Yuxu.

Doi: 10.16509/j.georeview.2016.04.009

表2 岳西地区岩浆岩 LA-ICPMS 锆石 U-Pb 测年数据

Table2 Data of zircon LA-ICPMS U-Pb dating of the magmatic rocks in Yuexi area

测点编号	元素含量($\times 10^{-6}$)			Th/U	同位素比值						同位素年龄(Ma)								
	Pb	Th	U		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{206}\text{Pb})$			$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$			$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$			$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		谐和度(%)	
					测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ			
响肠岩体石英二长岩																			
12YX001-1-01	4.72	193	157	1.23	0.0509	0.0027	0.1439	0.0079	0.0204	0.0006	136	7.0	130	3.6	95%				
12YX001-1-02	3.11	114	103	1.11	0.0551	0.0038	0.1555	0.0106	0.0210	0.0006	147	9.3	134	4.0	90%				
12YX001-1-03	3.19	117	111	1.06	0.0538	0.0041	0.1438	0.0100	0.0200	0.0006	136	8.8	128	3.8	93%				
12YX001-1-04	3.30	125	112	1.11	0.0543	0.0037	0.1477	0.0097	0.0202	0.0006	140	8.6	129	3.6	91%				
12YX001-1-05	4.96	217	159	1.36	0.0519	0.0026	0.1435	0.0075	0.0201	0.0006	136	6.7	129	3.6	94%				
12YX001-1-06	30.1	141	180	0.78	0.0718	0.0023	1.1952	0.0428	0.1207	0.0031	798	19.8	735	18.0	91%				
12YX001-1-07	5.87	188	165	1.14	0.0478	0.0025	0.1624	0.0092	0.0248	0.0007	153	8.0	158	4.4	96%				
12YX001-1-08	2.69	93	98	0.95	0.0545	0.0041	0.1437	0.0100	0.0197	0.0006	136	8.9	126	3.7	91%				
12YX001-1-09	3.93	194	130	1.49	0.0495	0.0032	0.1298	0.0084	0.0191	0.0005	124	7.6	122	3.4	98%				
12YX001-1-10	3.56	130	125	1.05	0.0551	0.0033	0.1468	0.0087	0.0197	0.0006	139	7.7	126	3.6	89%				
12YX001-1-11	2.97	99	99	1.00	0.0546	0.0038	0.1445	0.0097	0.0200	0.0007	137	8.6	127	4.3	92%				
12YX001-1-12	4.78	205	153	1.34	0.0570	0.0036	0.1636	0.0108	0.0208	0.0006	154	9.4	133	3.8	85%				
12YX001-1-13	4.86	189	161	1.17	0.0527	0.0028	0.1495	0.0084	0.0207	0.0006	141	7.4	132	3.7	93%				
12YX001-1-14	4.35	203	144	1.41	0.0481	0.0029	0.1320	0.0080	0.0203	0.0006	126	7.2	129	3.7	97%				
12YX001-1-15	3.85	135	132	1.02	0.0540	0.0042	0.1511	0.0124	0.0203	0.0007	143	11.0	129	4.4	90%				
12YX001-1-16	31.3	225	156	1.45	0.0730	0.0023	1.2701	0.0427	0.1271	0.0034	832	19.1	771	19.4	92%				
12YX001-1-17	3.34	116	116	1.00	0.0546	0.0039	0.1511	0.0106	0.0208	0.0006	143	9.4	133	3.8	92%				
12YX001-1-18	3.62	128	130	0.99	0.0510	0.0029	0.1432	0.0083	0.0202	0.0006	136	7.4	129	3.9	94%				
12YX001-1-19	6.18	221	218	1.01	0.0509	0.0029	0.1397	0.0082	0.0203	0.0006	133	7.3	129	3.6	97%				
12YX001-1-20	3.75	134	124	1.08	0.0543	0.0039	0.1557	0.0111	0.0209	0.0006	147	9.7	133	3.9	90%				
12YX001-1-21	4.41	179	150	1.19	0.0521	0.0032	0.1473	0.0091	0.0204	0.0006	140	8.0	130	3.7	93%				
12YX001-1-22	2.55	86	91	0.95	0.0536	0.0037	0.1493	0.0104	0.0207	0.0006	141	9.2	132	3.8	93%				
12YX001-1-23	32.4	158	511	0.31	0.0563	0.0019	0.3696	0.0154	0.0469	0.0015	319	11.4	295	8.9	92%				
12YX001-1-24	8.14	615	197	3.12	0.0514	0.0032	0.1414	0.0089	0.0201	0.0006	134	7.9	128	3.5	95%				
12YX001-1-25	11.5	757	277	2.73	0.0516	0.0026	0.1456	0.0070	0.0208	0.0006	138	6.2	133	3.6	96%				
响肠岩体细粒花岗岩																			
12YX003-1-01	3.56	132	116	1.14	0.0537	0.0038	0.1537	0.0109	0.0208	0.0006	145	9.6	133	3.8	91%				
12YX003-1-02	51.9	1790	1592	1.12	0.0501	0.0015	0.1623	0.0061	0.0236	0.0007	153	5.3	150	4.3	98%				
12YX003-1-03	13.62	75	79	0.94	0.0650	0.0026	1.1162	0.0498	0.1252	0.0034	761	23.9	760	19.7	99%				
12YX003-1-04	3.71	149	119	1.25	0.0572	0.0038	0.1588	0.0108	0.0205	0.0006	150	9.4	131	4.1	86%				
12YX003-1-05	5.26	233	167	1.39	0.0589	0.0041	0.1605	0.0107	0.0204	0.0006	151	9.3	130	3.9	85%				

测点编号	元素含量($\times 10^{-6}$)			Th/U	同位素比值						同位素年龄(Ma)					
	Pb	Th	U		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{206}\text{Pb})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		谐和度 (%)	
					测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ		
12YX003-1-06	4.03	195	126	1.55	0.0556	0.0044	0.1503	0.0112	0.0199	0.0007	142	9.9	127	4.1	88%	
12YX003-1-07	3.59	141	124	1.14	0.0543	0.0036	0.1452	0.0095	0.0196	0.0006	138	8.4	125	3.8	90%	
12YX003-1-08	3.59	140	123	1.14	0.0520	0.0034	0.1405	0.0092	0.0200	0.0006	133	8.2	128	3.6	95%	
12YX003-1-09	12.86	621	433	1.43	0.0505	0.0021	0.1370	0.0062	0.0197	0.0005	130	5.5	126	3.4	96%	
12YX003-1-10	8.76	254	229	1.11	0.0527	0.0027	0.1891	0.0102	0.0261	0.0008	176	8.7	166	4.7	94%	
12YX003-1-11	4.35	182	140	1.30	0.0501	0.0029	0.1455	0.0090	0.0212	0.0006	138	8.0	136	3.8	98%	
12YX003-1-12	7.61	278	219	1.27	0.0467	0.0025	0.1526	0.0085	0.0238	0.0007	144	7.4	151	4.1	95%	
12YX003-1-13	5.91	234	173	1.35	0.0540	0.0031	0.1669	0.0100	0.0227	0.0007	157	8.7	145	4.2	92%	
12YX003-1-14	2.87	121	91	1.32	0.0576	0.0039	0.1600	0.0106	0.0209	0.0007	151	9.3	133	4.3	87%	
12YX003-1-15	9.88	347	291	1.19	0.0507	0.0024	0.1620	0.0084	0.0233	0.0007	152	7.4	148	4.2	97%	
12YX003-1-16	27.4	238	255	0.93	0.0548	0.0018	0.6085	0.0233	0.0806	0.0022	483	14.7	500	12.9	96%	
12YX003-1-17	5.90	269	198	1.36	0.0468	0.0027	0.1277	0.0077	0.0200	0.0006	122	7.0	128	3.6	95%	
12YX003-1-18	18.29	130	178	0.73	0.0534	0.0019	0.5887	0.0236	0.0798	0.0022	470	15.1	495	12.9	94%	
12YX003-1-19	3.26	121	102	1.19	0.0556	0.0039	0.1628	0.0110	0.0220	0.0006	153	9.6	140	4.1	91%	
12YX003-1-20	8.75	579	254	2.28	0.0529	0.0029	0.1424	0.0081	0.0196	0.0006	135	7.2	125	3.5	92%	
12YX003-1-21	60.9	137	296	0.46	0.0705	0.0020	1.6492	0.0559	0.1695	0.0046	989	21.4	1010	25.2	97%	

响肠岩体石英正长斑岩

12YX004-1-01	14.00	584	489	1.20	0.0507	0.0021	0.1340	0.0057	0.0193	0.0005	128	5.1	123	3.2	96%
12YX004-1-02	35.6	872	1577	0.55	0.0492	0.0015	0.1212	0.0040	0.0179	0.0005	116	3.6	114	3.0	98%
12YX004-1-03	3.30	115	127	0.90	0.0522	0.0035	0.1359	0.0093	0.0189	0.0006	129	8.3	121	3.5	93%
12YX004-1-04	23.34	635	908	0.70	0.0502	0.0017	0.1354	0.0052	0.0196	0.0005	129	4.6	125	3.3	96%
12YX004-1-05	38.6	1074	1649	0.65	0.0514	0.0016	0.1256	0.0044	0.0177	0.0005	120	3.9	113	2.9	94%
12YX004-1-06	25.08	729	960	0.76	0.0481	0.0017	0.1308	0.0050	0.0197	0.0005	125	4.4	126	3.4	99%
12YX004-1-07	34.7	853	1447	0.59	0.0472	0.0015	0.1209	0.0042	0.0185	0.0005	116	3.8	118	3.1	97%
12YX004-1-08	6.52	256	206	1.25	0.0483	0.0031	0.1339	0.0084	0.0207	0.0006	128	7.5	132	3.7	96%
12YX004-1-09	19.79	718	688	1.04	0.0488	0.0019	0.1348	0.0058	0.0200	0.0005	128	5.1	128	3.3	99%
12YX004-1-10	31.8	793	1261	0.63	0.0531	0.0018	0.1429	0.0051	0.0196	0.0005	136	4.6	125	3.3	91%
12YX004-1-11	17.59	826	570	1.45	0.0513	0.0021	0.1391	0.0060	0.0196	0.0005	132	5.4	125	3.3	94%
12YX004-1-12	23.13	567	907	0.63	0.0487	0.0017	0.1344	0.0049	0.0199	0.0005	128	4.4	127	3.3	99%
12YX004-1-13	22.55	448	724	0.62	0.0518	0.0021	0.1597	0.0067	0.0223	0.0006	150	5.9	142	3.7	94%
12YX004-1-14	16.12	467	594	0.79	0.0493	0.0018	0.1376	0.0053	0.0203	0.0005	131	4.7	130	3.4	98%
12YX004-1-15	30.82	693	1396	0.50	0.0481	0.0015	0.1160	0.0039	0.0175	0.0005	111	3.5	112	2.9	99%
12YX004-1-16	16.22	517	617	0.84	0.0525	0.0020	0.1413	0.0059	0.0194	0.0005	134	5.3	124	3.3	92%
12YX004-1-17	20.66	627	813	0.77	0.0497	0.0019	0.1327	0.0052	0.0194	0.0005	127	4.7	124	3.3	97%

测点编号	元素含量($\times 10^{-6}$)			Th/U	同位素比值						同位素年龄(Ma)						
	Pb	Th	U		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{206}\text{Pb})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		谐和度 (%)		
					测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ			
12YX004-1-18	9.80	293	374	0.78	0.0532	0.0029	0.1406	0.0075	0.0195	0.0005	134	6.7	124	3.5	92%		
12YX004-1-19	20.66	513	811	0.63	0.0495	0.0021	0.1340	0.0060	0.0195	0.0005	128	5.4	125	3.3	97%		
12YX004-1-20	23.41	731	901	0.81	0.0508	0.0019	0.1357	0.0055	0.0194	0.0005	129	4.9	124	3.3	95%		
12YX004-1-21	10.61	378	354	1.07	0.0463	0.0026	0.1356	0.0078	0.0213	0.0006	129	7.0	136	3.7	95%		
12YX004-1-22	34.59	722	1528	0.47	0.0477	0.0015	0.1196	0.0041	0.0181	0.0005	115	3.7	116	3.0	99%		
12YX004-1-23	21.98	584	796	0.73	0.0540	0.0024	0.1521	0.0068	0.0205	0.0006	144	6.0	131	3.5	90%		
12YX004-1-24	34.7	808	1425	0.57	0.0488	0.0015	0.1302	0.0046	0.0193	0.0005	124	4.1	123	3.3	98%		
12YX004-1-25	19.52	703	686	1.03	0.0448	0.0017	0.1241	0.0048	0.0201	0.0005	119	4.4	128	3.3	92%		
12YX004-1-26	39.6	863	1635	0.53	0.0495	0.0015	0.1284	0.0044	0.0188	0.0005	123	3.9	120	3.1	97%		
12YX004-1-27	11.60	412	400	1.03	0.0478	0.0021	0.1327	0.0061	0.0202	0.0005	127	5.4	129	3.4	98%		
毛坦厂组内闪长玢岩																	
12YX009-1-01	152	11065	8980	1.23	0.0480	0.0020	0.1334	0.0058	0.0201	0.0005	127	5.2	128	3.3	99%		
12YX009-1-02	104.4	5264	7285	0.72	0.0493	0.0026	0.1361	0.0072	0.0202	0.0005	130	6.5	129	3.4	99%		
12YX009-1-03	3941	4751	22321	0.21	0.1217	0.0031	5.4017	0.1573	0.3208	0.0083	1885	24.9	1793	40.6	95%		
12YX009-1-04	151	10202	8552	1.19	0.0561	0.0024	0.1565	0.0067	0.0204	0.0006	148	5.9	130	3.5	87%		
12YX009-1-05	71.6	3372	4999	0.67	0.0500	0.0025	0.1433	0.0076	0.0207	0.0006	136	6.8	132	3.6	97%		
12YX009-1-06	83.0	3878	5828	0.67	0.0512	0.0029	0.1473	0.0087	0.0208	0.0006	140	7.7	133	3.7	95%		
12YX009-1-07	79.6	4102	5450	0.75	0.0507	0.0027	0.1405	0.0074	0.0203	0.0006	133	6.6	129	3.5	96%		
12YX009-1-08	110.7	5719	7655	0.75	0.0480	0.0023	0.1322	0.0065	0.0202	0.0005	126	5.8	129	3.4	97%		
12YX009-1-09	85.1	4160	5985	0.70	0.0512	0.0027	0.1432	0.0079	0.0203	0.0006	136	7.0	130	3.6	95%		
12YX009-1-10	75.8	3330	5207	0.64	0.0521	0.0028	0.1512	0.0082	0.0213	0.0006	143	7.2	136	3.7	94%		
12YX009-1-11	51.2	1681	3963	0.42	0.0490	0.0034	0.1414	0.0098	0.0213	0.0006	134	8.7	136	3.9	99%		
12YX009-1-12	113.7	5573	7784	0.72	0.0496	0.0022	0.1422	0.0065	0.0209	0.0006	135	5.7	133	3.6	98%		
12YX009-1-13	108.0	5822	7334	0.79	0.0492	0.0025	0.1378	0.0077	0.0203	0.0005	131	6.8	130	3.4	98%		
12YX009-1-14	85.9	3543	5533	0.64	0.0534	0.0029	0.1606	0.0090	0.0222	0.0006	151	7.8	142	3.9	93%		
12YX009-1-15	78.0	3319	5647	0.59	0.0525	0.0030	0.1486	0.0085	0.0208	0.0006	141	7.6	133	3.6	94%		
12YX009-1-16	153	8092	10326	0.78	0.0497	0.0023	0.1368	0.0064	0.0201	0.0005	130	5.7	128	3.4	98%		
12YX009-1-17	175	10475	11209	0.93	0.0512	0.0023	0.1406	0.0067	0.0199	0.0005	134	6.0	127	3.4	95%		
12YX009-1-18	82.5	3237	5972	0.54	0.0536	0.0026	0.1565	0.0079	0.0212	0.0006	148	6.9	135	3.7	91%		
12YX009-1-19	95.6	4935	6542	0.75	0.0531	0.0029	0.1490	0.0089	0.0204	0.0006	141	7.8	130	3.6	92%		
12YX009-1-20	122	5730	7680	0.75	0.0553	0.0035	0.1578	0.0097	0.0211	0.0006	149	8.6	134	3.8	89%		
12YX009-1-21	109.8	5054	6806	0.74	0.0552	0.0031	0.1660	0.0097	0.0219	0.0006	156	8.4	139	3.8	88%		
12YX009-1-22	130.9	5908	9062	0.65	0.0494	0.0024	0.1411	0.0071	0.0209	0.0006	134	6.4	134	3.6	99%		
12YX009-1-23	93.5	4517	6487	0.70	0.0517	0.0026	0.1444	0.0077	0.0204	0.0006	137	6.8	130	3.6	94%		

测点编号	元素含量($\times 10^{-6}$)			Th/U	同位素比值						同位素年龄(Ma)					
	Pb	Th	U		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{206}\text{Pb})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		谐和度 (%)	
					测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ		
12YX009-1-24	55.0	2152	4037	0.53	0.0559	0.0039	0.1558	0.0110	0.0206	0.0006	147	9.6	131	3.9	88%	
12YX009-1-25	85.7	3644	5793	0.63	0.0553	0.0030	0.1582	0.0087	0.0208	0.0006	149	7.7	133	3.5	88%	
12YX009-1-26	85.3	4008	6303	0.64	0.0497	0.0026	0.1354	0.0074	0.0198	0.0005	129	6.6	126	3.4	97%	
12YX009-1-27	64.7	2757	4855	0.57	0.0545	0.0033	0.1480	0.0090	0.0201	0.0006	140	8.0	128	3.6	90%	
12YX009-1-28	71.8	3843	5164	0.74	0.0547	0.0033	0.1445	0.0091	0.0194	0.0006	137	8.1	124	3.5	90%	
12YX009-1-29	133	7936	8190	0.97	0.0478	0.0023	0.1367	0.0070	0.0207	0.0006	130	6.3	132	3.5	98%	
12YX009-1-30	67.5	3296	4780	0.69	0.0556	0.0035	0.1514	0.0096	0.0200	0.0006	143	8.4	128	3.7	88%	
12YX009-1-31	63.0	2487	4616	0.54	0.0545	0.0035	0.1526	0.0097	0.0207	0.0006	144	8.6	132	3.7	90%	
12YX009-1-32	66.5	2852	4943	0.58	0.0549	0.0031	0.1508	0.0086	0.0201	0.0005	143	7.6	128	3.5	89%	
12YX009-1-33	110.9	5288	7836	0.67	0.0513	0.0024	0.1453	0.0073	0.0207	0.0006	138	6.5	132	3.6	95%	
12YX009-1-34	78.5	3783	5576	0.68	0.0486	0.0026	0.1332	0.0071	0.0203	0.0006	127	6.3	129	3.6	98%	
12YX009-1-35	96.1	5097	6208	0.82	0.0561	0.0028	0.1584	0.0081	0.0206	0.0006	149	7.1	132	3.6	87%	
12YX009-1-36	83.5	3527	5623	0.63	0.0508	0.0028	0.1520	0.0085	0.0218	0.0006	144	7.5	139	3.8	96%	
12YX009-1-37	62.0	2696	4409	0.61	0.0521	0.0030	0.1471	0.0091	0.0208	0.0006	139	8.0	133	3.7	95%	
12YX009-1-38	281	1351	7700	0.18	0.0596	0.0021	0.5923	0.0329	0.0707	0.0031	472	21.0	441	18.4	93%	
12YX009-1-39	277	2066	3444	0.60	0.0659	0.0024	1.0497	0.0408	0.1160	0.0030	729	20.2	708	17.5	97%	

毛坦厂组安山质熔结凝灰岩

12YX010-1-01	111.0	4607	7514	0.61	0.0482	0.0021	0.1408	0.0064	0.0211	0.0006	134	5.7	135	3.5	99%
12YX010-1-02	734	2051	2647	0.77	0.1313	0.0035	6.5843	0.2088	0.3614	0.0095	2057	28.0	1989	45.0	96%
12YX010-1-03	74.5	3093	5324	0.58	0.0539	0.0026	0.1522	0.0076	0.0206	0.0006	144	6.7	131	3.7	90%
12YX010-1-04	128.3	5294	8828	0.60	0.0506	0.0022	0.1483	0.0065	0.0212	0.0006	140	5.8	135	3.6	96%
12YX010-1-05	112.5	4662	7484	0.62	0.0518	0.0021	0.1543	0.0065	0.0215	0.0006	146	5.7	137	3.7	94%
12YX010-1-06	83.5	3249	5869	0.55	0.0481	0.0022	0.1426	0.0068	0.0215	0.0006	135	6.0	137	3.7	98%
12YX010-1-07	120.1	5810	7825	0.74	0.0512	0.0021	0.1471	0.0062	0.0210	0.0006	139	5.5	134	3.6	95%
12YX010-1-08	86.2	3846	5924	0.65	0.0541	0.0030	0.1522	0.0086	0.0205	0.0006	144	7.6	131	3.5	90%
12YX010-1-09	107.2	4897	7412	0.66	0.0521	0.0024	0.1452	0.0065	0.0203	0.0005	138	5.8	130	3.4	94%
12YX010-1-10	93.5	3683	6284	0.59	0.0506	0.0025	0.1478	0.0072	0.0213	0.0006	140	6.4	136	3.7	97%
12YX010-1-11	90.3	3375	6338	0.53	0.0476	0.0024	0.1410	0.0071	0.0215	0.0006	134	6.3	137	3.7	97%
12YX010-1-12	87.4	3646	6202	0.59	0.0504	0.0024	0.1370	0.0068	0.0197	0.0005	130	6.1	126	3.5	96%
12YX010-1-13	92.6	3630	6294	0.58	0.0467	0.0027	0.1355	0.0078	0.0212	0.0006	129	7.0	135	3.6	95%
12YX010-1-14	109.3	4871	7718	0.63	0.0478	0.0021	0.1316	0.0059	0.0199	0.0005	125	5.3	127	3.3	98%
12YX010-1-15	246	14535	14029	1.04	0.0478	0.0018	0.1320	0.0051	0.0201	0.0005	126	4.6	129	3.3	97%
12YX010-1-16	77.7	3036	5627	0.54	0.0506	0.0025	0.1381	0.0068	0.0200	0.0006	131	6.1	128	3.5	97%
12YX010-1-17	94.2	1928	3998	0.48	0.0524	0.0029	0.2642	0.0156	0.0365	0.0012	238	12.6	231	7.2	97%

测点编号	元素含量($\times 10^{-6}$)			Th/U	同位素比值						同位素年龄(Ma)						
	Pb	Th	U		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{206}\text{Pb})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		谐和度 (%)		
					测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ			
12YX010-1-18	154	8621	9880	0.87	0.0461	0.0020	0.1243	0.0057	0.0196	0.0005	119	5.2	125	3.3	94%		
12YX010-1-19	104.0	4467	7415	0.60	0.0460	0.0020	0.1249	0.0055	0.0198	0.0005	119	5.0	126	3.4	94%		
12YX010-1-20	136.6	6511	9044	0.72	0.0482	0.0022	0.1306	0.0058	0.0198	0.0005	125	5.2	127	3.4	98%		
12YX010-1-21	109.1	4979	7297	0.68	0.0481	0.0023	0.1343	0.0064	0.0202	0.0005	128	5.7	129	3.4	98%		
12YX010-1-22	74.9	2952	5606	0.53	0.0497	0.0026	0.1331	0.0069	0.0196	0.0005	127	6.2	125	3.4	98%		
12YX010-1-23	123.6	5981	8413	0.71	0.0470	0.0022	0.1263	0.0060	0.0196	0.0005	121	5.4	125	3.3	96%		
12YX010-1-24	105.1	4227	7083	0.60	0.0487	0.0024	0.1375	0.0069	0.0206	0.0006	131	6.1	132	3.5	99%		
12YX010-1-25	84.7	5194	4711	1.10	0.0531	0.0029	0.1457	0.0079	0.0200	0.0005	138	7.0	127	3.5	92%		
12YX010-1-26	93.9	4048	6659	0.61	0.0492	0.0023	0.1334	0.0064	0.0195	0.0005	127	5.8	125	3.4	98%		
12YX010-1-27	88.8	3690	5867	0.63	0.0539	0.0028	0.1500	0.0078	0.0205	0.0006	142	6.9	131	3.6	91%		
中关村岩体石英闪长岩																	
12YX012-1-01	4.76	145	154	0.94	0.0576	0.0032	0.1734	0.0096	0.0221	0.0006	162	8.3	141	4.0	85%		
12YX012-1-02	7.34	257	234	1.10	0.0502	0.0026	0.1512	0.0080	0.0220	0.0006	143	7.1	140	3.9	98%		
12YX012-1-03	6.87	230	232	0.99	0.0528	0.0025	0.1528	0.0074	0.0211	0.0006	144	6.6	134	3.7	92%		
12YX012-1-04	7.60	255	262	0.97	0.0522	0.0024	0.1509	0.0070	0.0209	0.0006	143	6.2	133	3.5	93%		
12YX012-1-05	15.86	744	471	1.58	0.0510	0.0020	0.1510	0.0063	0.0213	0.0006	143	5.6	136	3.5	95%		
12YX012-1-06	4.19	132	149	0.88	0.0560	0.0028	0.1548	0.0077	0.0202	0.0006	146	6.8	129	3.5	87%		
12YX012-1-07	4.80	148	162	0.92	0.0538	0.0031	0.1525	0.0088	0.0210	0.0006	144	7.8	134	3.7	92%		
12YX012-1-08	3.54	106	119	0.89	0.0562	0.0030	0.1652	0.0086	0.0217	0.0006	155	7.5	138	4.0	88%		
12YX012-1-09	7.79	278	267	1.04	0.0535	0.0023	0.1528	0.0070	0.0207	0.0006	144	6.1	132	3.5	91%		
12YX012-1-10	6.76	238	225	1.06	0.0461	0.0023	0.1318	0.0066	0.0209	0.0006	126	5.9	133	3.6	94%		
12YX012-1-11	8.52	290	287	1.01	0.0533	0.0025	0.1538	0.0077	0.0209	0.0006	145	6.8	133	3.5	91%		
12YX012-1-12	5.04	157	169	0.93	0.0575	0.0032	0.1661	0.0097	0.0211	0.0006	156	8.4	135	3.7	85%		
12YX012-1-13	7.14	258	236	1.09	0.0547	0.0028	0.1565	0.0082	0.0209	0.0006	148	7.2	134	3.6	90%		
12YX012-1-14	5.48	172	188	0.92	0.0483	0.0025	0.1388	0.0073	0.0210	0.0006	132	6.5	134	3.7	98%		
12YX012-1-15	7.32	244	250	0.97	0.0516	0.0023	0.1482	0.0071	0.0209	0.0006	140	6.3	133	3.6	94%		
12YX012-1-16	7.62	253	267	0.95	0.0473	0.0021	0.1348	0.0063	0.0206	0.0006	128	5.6	132	3.5	97%		
12YX012-1-17	7.35	262	255	1.03	0.0453	0.0023	0.1255	0.0065	0.0203	0.0006	120	5.9	129	3.5	92%		
12YX012-1-18	3.12	80	104	0.77	0.0499	0.0027	0.1510	0.0085	0.0220	0.0006	143	7.5	140	4.0	97%		
12YX012-1-19	8.27	290	264	1.10	0.0550	0.0029	0.1633	0.0105	0.0211	0.0006	154	9.2	135	3.7	86%		
12YX012-1-20	4.55	141	154	0.91	0.0529	0.0031	0.1530	0.0093	0.0211	0.0006	145	8.2	135	3.8	92%		
12YX012-1-21	6.05	194	202	0.96	0.0551	0.0032	0.1622	0.0105	0.0211	0.0006	153	9.2	135	3.7	87%		
12YX012-1-22	10.43	602	304	1.98	0.0488	0.0023	0.1417	0.0072	0.0209	0.0006	135	6.4	134	3.7	99%		
12YX012-1-23	5.92	183	199	0.92	0.0489	0.0027	0.1473	0.0086	0.0217	0.0006	140	7.6	138	3.9	99%		

测点编号	元素含量($\times 10^{-6}$)			Th/U	同位素比值						同位素年龄(Ma)					
	Pb	Th	U		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{206}\text{Pb})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		谐和度 (%)	
					测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ		
12YX012-1-24	5.77	182	187	0.97	0.0499	0.0029	0.1521	0.0097	0.0221	0.0006	144	8.6	141	4.0	97%	
12YX012-1-25	9.25	368	312	1.18	0.0510	0.0022	0.1412	0.0065	0.0200	0.0005	134	5.7	128	3.4	95%	
12YX012-1-26	7.61	294	254	1.16	0.0492	0.0026	0.1365	0.0072	0.0202	0.0005	130	6.5	129	3.5	99%	
12YX012-1-27	6.03	198	198	1.00	0.0517	0.0030	0.1514	0.0089	0.0213	0.0006	143	7.9	136	3.8	94%	
12YX012-1-28	5.07	180	178	1.01	0.0512	0.0030	0.1400	0.0079	0.0200	0.0006	133	7.1	128	3.6	95%	
12YX012-1-29	6.71	216	227	0.95	0.0522	0.0029	0.1485	0.0086	0.0208	0.0006	141	7.6	133	3.7	94%	
12YX012-1-30	5.90	208	204	1.02	0.0531	0.0033	0.1464	0.0087	0.0204	0.0006	139	7.7	130	3.6	93%	
12YX012-1-31	5.78	203	204	1.00	0.0561	0.0030	0.1547	0.0085	0.0200	0.0006	146	7.5	128	3.6	86%	
中关岩体细粒花岗岩																
12YX013-1-01	4.17	129	148	0.87	0.0496	0.0033	0.1417	0.0097	0.0210	0.0006	135	8.6	134	3.7	99%	
12YX013-1-02	7.17	255	260	0.98	0.0535	0.0044	0.1448	0.0114	0.0198	0.0005	137	10.1	126	3.4	91%	
12YX013-1-03	4.20	117	157	0.74	0.0466	0.0025	0.1339	0.0072	0.0209	0.0006	128	6.5	134	3.8	95%	
12YX013-1-04	2.63	98	93	1.05	0.0523	0.0034	0.1497	0.0099	0.0206	0.0006	142	8.7	131	3.8	92%	
12YX013-1-05	5.20	157	197	0.80	0.0525	0.0030	0.1435	0.0081	0.0201	0.0006	136	7.2	128	3.5	93%	
12YX013-1-06	3.63	101	128	0.79	0.0528	0.0034	0.1557	0.0101	0.0216	0.0006	147	8.9	138	4.0	93%	
12YX013-1-07	5.02	167	177	0.95	0.0504	0.0026	0.1448	0.0079	0.0207	0.0006	137	7.0	132	3.7	96%	
12YX013-1-08	6.75	194	252	0.77	0.0531	0.0025	0.1480	0.0070	0.0204	0.0006	140	6.2	130	3.5	92%	
12YX013-1-09	4.28	139	147	0.95	0.0474	0.0026	0.1348	0.0076	0.0209	0.0006	128	6.8	134	3.8	96%	
12YX013-1-10	6.93	260	245	1.06	0.0462	0.0027	0.1304	0.0079	0.0206	0.0006	124	7.1	131	3.9	94%	
12YX013-1-11	3.98	118	137	0.86	0.0540	0.0037	0.1536	0.0104	0.0211	0.0006	145	9.1	134	4.0	92%	
12YX013-1-12	8.30	332	272	1.22	0.0497	0.0023	0.1390	0.0064	0.0205	0.0006	132	5.7	131	3.6	99%	
12YX013-1-13	4.09	140	137	1.02	0.0474	0.0029	0.1374	0.0087	0.0212	0.0006	131	7.8	135	3.9	96%	
12YX013-1-14	2.54	96	83	1.15	0.0556	0.0037	0.1525	0.0109	0.0203	0.0006	144	9.6	130	3.9	89%	
12YX013-1-15	5.40	175	180	0.97	0.0521	0.0028	0.1536	0.0087	0.0215	0.0006	145	7.7	137	3.9	94%	
12YX013-1-16	6.77	207	247	0.84	0.0514	0.0027	0.1410	0.0074	0.0201	0.0005	134	6.6	128	3.5	95%	
12YX013-1-17	3.61	49	91	0.54	0.0558	0.0041	0.2321	0.0165	0.0311	0.0010	212	13.6	197	6.1	92%	
12YX013-1-18	3.30	109	111	0.98	0.0532	0.0042	0.1443	0.0110	0.0203	0.0006	137	9.7	130	3.8	94%	
12YX013-1-19	8.88	367	285	1.28	0.0500	0.0026	0.1501	0.0085	0.0216	0.0006	142	7.5	138	3.8	96%	
12YX013-1-20	11.51	400	360	1.11	0.0533	0.0024	0.1642	0.0074	0.0224	0.0006	154	6.5	143	3.8	92%	
12YX013-1-21	4.91	148	165	0.89	0.0547	0.0033	0.1603	0.0099	0.0215	0.0006	151	8.7	137	3.7	90%	
12YX013-1-22	9.49	275	355	0.77	0.0498	0.0022	0.1374	0.0062	0.0201	0.0005	131	5.5	129	3.4	98%	
12YX013-1-23	5.59	177	194	0.91	0.0500	0.0027	0.1435	0.0081	0.0208	0.0006	136	7.2	133	3.6	97%	
12YX013-1-24	7.43	255	239	1.07	0.0484	0.0022	0.1456	0.0071	0.0219	0.0006	138	6.3	139	3.8	98%	
12YX013-1-25	5.83	157	216	0.73	0.0464	0.0026	0.1338	0.0079	0.0209	0.0006	128	7.0	134	3.7	95%	

测点编号	元素含量($\times 10^{-6}$)			Th/U	同位素比值						同位素年龄(Ma)						
	Pb	Th	U		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{206}\text{Pb})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		谐和度 (%)		
					测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ			
12YX013-1-26	60.5	177	116	1.53	0.1203	0.0034	5.5033	0.1779	0.3313	0.0085	1901	27.8	1844	41.2	96%		
12YX013-1-27	4.43	142	153	0.93	0.0518	0.0031	0.1517	0.0087	0.0215	0.0006	143	7.7	137	3.8	95%		
中关村石英二长闪长岩																	
12YX013-2-01	8.56	238	309	0.77	0.0487	0.0022	0.1391	0.0064	0.0209	0.0006	132	5.7	133	3.5	99%		
12YX013-2-02	6.71	199	239	0.83	0.0489	0.0024	0.1388	0.0068	0.0207	0.0006	132	6.0	132	3.5	99%		
12YX013-2-03	6.60	167	246	0.68	0.0487	0.0023	0.1389	0.0067	0.0209	0.0006	132	6.0	133	3.6	99%		
12YX013-2-04	5.44	121	202	0.60	0.0480	0.0023	0.1396	0.0068	0.0214	0.0006	133	6.1	136	3.7	97%		
12YX013-2-05	3.16	80	114	0.70	0.0539	0.0036	0.1573	0.0101	0.0212	0.0006	148	8.9	135	4.0	90%		
12YX013-2-06	3.61	17	25	0.70	0.0710	0.0043	1.0361	0.0623	0.1091	0.0034	722	31.1	668	20.0	92%		
12YX013-2-07	6.71	173	240	0.72	0.0506	0.0022	0.1443	0.0064	0.0211	0.0006	137	5.6	135	3.6	98%		
12YX013-2-08	4.85	114	175	0.65	0.0543	0.0033	0.1561	0.0096	0.0209	0.0006	147	8.4	134	3.7	90%		
12YX013-2-09	7.03	195	237	0.82	0.0486	0.0025	0.1414	0.0073	0.0211	0.0006	134	6.5	135	3.6	99%		
12YX013-2-10	7.03	186	249	0.75	0.0468	0.0021	0.1359	0.0063	0.0211	0.0006	129	5.6	135	3.6	95%		
12YX013-2-11	5.22	123	187	0.66	0.0511	0.0029	0.1465	0.0082	0.0209	0.0006	139	7.2	133	3.7	95%		
12YX013-2-12	5.91	144	216	0.67	0.0474	0.0025	0.1331	0.0069	0.0207	0.0006	127	6.2	132	3.5	96%		
12YX013-2-13	6.95	246	237	1.04	0.0513	0.0021	0.1441	0.0067	0.0204	0.0006	137	5.9	130	3.5	95%		
12YX013-2-14	7.99	220	285	0.77	0.0512	0.0022	0.1428	0.0069	0.0204	0.0005	136	6.1	130	3.5	95%		
12YX013-2-15	4.90	139	169	0.82	0.0512	0.0028	0.1490	0.0087	0.0211	0.0006	141	7.7	135	3.7	95%		
12YX013-2-16	11.58	342	409	0.84	0.0507	0.0021	0.1437	0.0062	0.0207	0.0006	136	5.5	132	3.5	96%		
12YX013-2-17	5.81	145	221	0.66	0.0485	0.0023	0.1337	0.0062	0.0202	0.0005	127	5.6	129	3.4	99%		
12YX013-2-18	97.1	82	221	0.37	0.1165	0.0030	5.6856	0.1641	0.3528	0.0090	1929	24.9	1948	43.1	99%		
12YX013-2-19	5.47	136	204	0.67	0.0538	0.0027	0.1520	0.0078	0.0205	0.0006	144	6.9	131	3.6	90%		
12YX013-2-20	5.82	147	214	0.69	0.0501	0.0027	0.1397	0.0076	0.0206	0.0006	133	6.8	131	3.6	98%		
12YX013-2-21	5.14	120	199	0.60	0.0514	0.0026	0.1414	0.0075	0.0201	0.0005	134	6.7	128	3.5	95%		
12YX013-2-22	6.47	167	235	0.71	0.0469	0.0022	0.1349	0.0067	0.0207	0.0006	129	6.0	132	3.6	97%		
12YX013-2-23	8.34	217	303	0.72	0.0523	0.0024	0.1456	0.0068	0.0205	0.0005	138	6.0	131	3.4	94%		
12YX013-2-24	5.18	135	191	0.71	0.0535	0.0031	0.1481	0.0084	0.0204	0.0006	140	7.4	130	3.5	92%		
12YX013-2-25	5.89	162	220	0.74	0.0451	0.0021	0.1251	0.0060	0.0201	0.0005	120	5.4	128	3.4	93%		
12YX013-2-26	4.86	32	94	0.34	0.0568	0.0031	0.3225	0.0178	0.0418	0.0012	284	13.7	264	7.2	92%		
12YX013-2-27	5.77	143	221	0.65	0.0494	0.0026	0.1345	0.0073	0.0199	0.0005	128	6.5	127	3.4	99%		
12YX013-2-28	4.49	104	174	0.60	0.0496	0.0028	0.1379	0.0080	0.0201	0.0006	131	7.2	128	3.5	97%		
12YX013-2-29	7.28	213	267	0.80	0.0493	0.0023	0.1354	0.0063	0.0201	0.0005	129	5.6	128	3.5	99%		
12YX013-2-30	5.77	148	219	0.68	0.0520	0.0027	0.1425	0.0077	0.0198	0.0005	135	6.9	127	3.4	93%		
12YX013-2-31	6.21	174	237	0.74	0.0482	0.0024	0.1288	0.0066	0.0195	0.0005	123	5.9	124	3.3	98%		

测点编号	元素含量($\times 10^{-6}$)			Th/U	同位素比值						同位素年龄(Ma)					
	Pb	Th	U		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{206}\text{Pb})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		谐和度 (%)	
					测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ		
12YX013-2-32	6.77	185	250	0.74	0.0470	0.0028	0.1287	0.0074	0.0202	0.0005	123	6.7	129	3.5	95%	
12YX013-2-33	6.08	162	232	0.70	0.0470	0.0027	0.1260	0.0070	0.0196	0.0005	120	6.3	125	3.4	96%	
12YX013-2-34	105.98	50	269	0.19	0.1167	0.0031	5.2421	0.1512	0.3245	0.0083	1859	24.6	1812	40.2	97%	
12YX013-2-35	4.77	120	186	0.64	0.0466	0.0027	0.1267	0.0074	0.0199	0.0006	121	6.7	127	3.5	95%	
天柱山岩体黑云二长花岗岩																
12YX015-01	3.28	106	109	0.97	0.0554	0.0033	0.1605	0.0091	0.0216	0.0006	151	7.9	138	3.9	90%	
12YX015-02	4.23	155	148	1.05	0.0520	0.0028	0.1489	0.0081	0.0206	0.0006	141	7.2	132	3.7	93%	
12YX015-03	3.99	134	122	1.10	0.0532	0.0039	0.1647	0.0120	0.0225	0.0007	155	10.5	144	4.2	92%	
12YX015-04	2.93	101	97	1.04	0.0551	0.0038	0.1617	0.0109	0.0219	0.0007	152	9.5	140	4.3	91%	
12YX015-05	3.08	94	106	0.89	0.0518	0.0033	0.1535	0.0095	0.0222	0.0007	145	8.3	142	4.2	97%	
12YX015-06	8.20	458	223	2.05	0.0471	0.0025	0.1365	0.0072	0.0218	0.0006	130	6.4	139	4.0	93%	
12YX015-07	4.26	162	142	1.14	0.0529	0.0041	0.1447	0.0111	0.0204	0.0006	137	9.9	130	3.8	94%	
12YX015-08	4.51	167	151	1.11	0.0466	0.0025	0.1343	0.0074	0.0210	0.0006	128	6.7	134	3.8	95%	
12YX015-09	3.34	114	117	0.98	0.0503	0.0034	0.1431	0.0093	0.0209	0.0006	136	8.2	133	3.8	97%	
12YX015-10	49.8	665	336	1.98	0.0643	0.0019	0.8382	0.0314	0.0941	0.0029	618	17.4	580	17.1	93%	
12YX015-11	3.35	123	121	1.01	0.0509	0.0031	0.1377	0.0083	0.0196	0.0006	131	7.4	125	3.5	95%	
12YX015-12	5.12	193	175	1.10	0.0526	0.0033	0.1492	0.0097	0.0203	0.0006	141	8.5	130	3.7	91%	
12YX015-13	3.62	120	136	0.89	0.0512	0.0029	0.1348	0.0074	0.0196	0.0006	128	6.6	125	3.6	97%	
12YX015-14	5.14	262	154	1.70	0.0500	0.0029	0.1398	0.0084	0.0202	0.0006	133	7.5	129	3.7	97%	
12YX015-15	4.05	151	138	1.09	0.0506	0.0027	0.1383	0.0075	0.0199	0.0006	132	6.7	127	3.6	96%	
12YX015-16	3.31	137	114	1.21	0.0521	0.0032	0.1441	0.0088	0.0200	0.0006	137	7.8	127	3.7	92%	
12YX015-17	3.20	111	115	0.97	0.0552	0.0039	0.1512	0.0104	0.0204	0.0006	143	9.2	130	3.8	90%	
12YX015-18	5.33	286	166	1.72	0.0503	0.0026	0.1366	0.0072	0.0200	0.0006	130	6.4	128	3.7	98%	
12YX015-19	11.57	69	178	0.39	0.0587	0.0027	0.4301	0.0201	0.0532	0.0015	363	14.3	334	9.0	91%	
12YX015-20	3.06	108	104	1.04	0.0525	0.0036	0.1484	0.0099	0.0207	0.0006	141	8.7	132	3.8	94%	
12YX015-21	3.95	151	135	1.11	0.0476	0.0028	0.1322	0.0077	0.0204	0.0006	126	6.9	130	3.6	96%	
12YX015-22	20.14	173	148	1.17	0.0624	0.0022	0.8053	0.0344	0.0937	0.0033	600	19.3	577	19.3	96%	
12YX015-23	3.20	109	113	0.97	0.0503	0.0034	0.1393	0.0089	0.0206	0.0006	132	7.9	131	3.8	99%	
12YX015-24	2.23	70	86	0.82	0.0558	0.0041	0.1436	0.0101	0.0194	0.0006	136	8.9	124	3.8	90%	
12YX015-25	3.83	139	132	1.05	0.0546	0.0037	0.1515	0.0101	0.0205	0.0006	143	8.9	131	3.8	91%	
12YX015-26	6.00	298	204	1.46	0.0503	0.0028	0.1317	0.0074	0.0194	0.0005	126	6.6	124	3.5	98%	
秦家河岩体二长花岗斑岩																
12YX017-01	8.53	320	296	1.08	0.0510	0.0026	0.1431	0.0074	0.0204	0.0006	136	6.5	130	3.5	95%	
12YX017-02	8.63	270	267	1.01	0.0494	0.0023	0.1592	0.0083	0.0235	0.0009	150	7.3	150	5.5	99%	

测点编号	元素含量($\times 10^{-6}$)			Th/U	同位素比值						同位素年龄(Ma)					
	Pb	Th	U		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{206}\text{Pb})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		谐和度 (%)	
					测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ		
12YX017-03	5.42	105	200	0.52	0.0498	0.0029	0.1495	0.0084	0.0219	0.0006	141	7.4	139	3.9	98%	
12YX017-04	8.65	261	307	0.85	0.0508	0.0022	0.1463	0.0067	0.0208	0.0006	139	5.9	133	3.5	95%	
12YX017-05	83.7	3144	3692	0.85	0.0485	0.0013	0.1154	0.0035	0.0172	0.0004	111	3.2	110	2.8	99%	
12YX017-06	12.91	215	526	0.41	0.0449	0.0019	0.1268	0.0054	0.0204	0.0005	121	4.9	130	3.5	92%	
12YX017-07	2.89	30	79	0.38	0.0556	0.0034	0.2198	0.0129	0.0289	0.0009	202	10.8	184	5.9	90%	
12YX017-08	29.7	954	1264	0.75	0.0470	0.0015	0.1244	0.0041	0.0189	0.0005	119	3.7	121	3.2	98%	
12YX017-09	17.64	321	780	0.41	0.0475	0.0017	0.1265	0.0048	0.0194	0.0005	121	4.3	124	3.4	97%	
12YX017-10	25.43	84	357	0.24	0.0579	0.0019	0.5165	0.0195	0.0637	0.0019	423	13.1	398	11.7	94%	
12YX017-11	3.82	105	129	0.81	0.0535	0.0034	0.1608	0.0103	0.0221	0.0007	151	9.0	141	4.3	92%	
12YX017-12	5.65	142	193	0.74	0.0496	0.0025	0.1583	0.0103	0.0230	0.0009	149	9.0	147	5.5	98%	
12YX017-13	13.89	725	422	1.72	0.0486	0.0020	0.1369	0.0061	0.0208	0.0006	130	5.4	133	3.7	98%	
12YX017-14	4.84	94	196	0.48	0.0516	0.0033	0.1453	0.0090	0.0205	0.0006	138	8.0	131	3.7	94%	
12YX017-15	6.36	283	206	1.37	0.0500	0.0027	0.1418	0.0075	0.0206	0.0006	135	6.6	132	3.7	97%	
12YX017-16	21.03	167	256	0.65	0.0621	0.0022	0.5746	0.0282	0.0672	0.0029	461	18.2	419	17.3	90%	
12YX017-17	30.0	1019	1108	0.92	0.0479	0.0017	0.1342	0.0053	0.0203	0.0006	128	4.7	130	3.7	98%	
12YX017-18	7.30	271	236	1.15	0.0477	0.0025	0.1440	0.0076	0.0218	0.0006	137	6.8	139	3.8	98%	
12YX017-19	3.64	105	128	0.82	0.0521	0.0032	0.1498	0.0092	0.0212	0.0006	142	8.1	135	3.9	95%	
12YX017-20	4.76	112	179	0.63	0.0495	0.0028	0.1452	0.0086	0.0208	0.0006	138	7.6	132	3.6	96%	
12YX017-21	4.04	97	151	0.64	0.0535	0.0029	0.1467	0.0081	0.0203	0.0006	139	7.2	130	3.7	93%	
12YX017-22	33.7	936	1363	0.69	0.0473	0.0016	0.1242	0.0046	0.0188	0.0005	119	4.2	120	3.0	99%	
12YX017-23	10.52	329	388	0.85	0.0453	0.0021	0.1257	0.0061	0.0201	0.0005	120	5.5	128	3.4	93%	
12YX017-24	30.5	727	1001	0.73	0.0481	0.0015	0.1602	0.0063	0.0240	0.0007	151	5.5	153	4.3	98%	
12YX017-25	7.99	197	286	0.69	0.0480	0.0023	0.1435	0.0078	0.0215	0.0006	136	6.9	137	3.6	99%	
12YX017-26	14.34	500	498	1.00	0.0472	0.0019	0.1368	0.0062	0.0210	0.0006	130	5.5	134	3.5	97%	
12YX017-27	17.13	790	538	1.47	0.0464	0.0021	0.1445	0.0074	0.0224	0.0006	137	6.5	143	4.0	96%	
12YX017-28	6.75	114	272	0.42	0.0465	0.0022	0.1315	0.0067	0.0206	0.0006	125	6.0	132	3.6	95%	
12YX017-29	8.49	24	178	0.13	0.0498	0.0024	0.2653	0.0131	0.0397	0.0011	239	10.5	251	6.8	95%	
12YX017-30	59.5	1670	2521	0.66	0.0476	0.0014	0.1202	0.0039	0.0183	0.0005	115	3.6	117	3.0	98%	
12YX017-31	110.7	3329	4385	0.76	0.0490	0.0013	0.1288	0.0042	0.0190	0.0005	123	3.7	121	3.1	98%	
12YX017-32	34.47	627	1504	0.42	0.0498	0.0016	0.1283	0.0046	0.0187	0.0005	123	4.2	119	3.1	97%	
12YX017-33	3.92	28	20	1.39	0.0660	0.0040	1.1757	0.0707	0.1312	0.0038	789	33.0	795	21.8	99%	
12YX017-34	4.98	130	197	0.66	0.0533	0.0032	0.1417	0.0085	0.0196	0.0006	135	7.6	125	3.5	92%	
12YX017-35	6.45	169	241	0.70	0.0513	0.0026	0.1485	0.0078	0.0211	0.0006	141	6.9	135	3.6	95%	

测点编号	元素含量($\times 10^{-6}$)			Th/U	同位素比值						同位素年龄(Ma)					
	Pb	Th	U		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{206}\text{Pb})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		谐和度 (%)	
					测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ		
12YX019-01	61.9	2046	4669	0.44	0.0527	0.0035	0.1528	0.0104	0.0213	0.0006	144	9.1	136	3.8	93%	
12YX019-02	86.0	3916	6365	0.62	0.0501	0.0030	0.1352	0.0082	0.0197	0.0005	129	7.3	126	3.4	97%	
12YX019-03	67.3	2605	5580	0.47	0.0505	0.0029	0.1344	0.0078	0.0196	0.0006	128	7.0	125	3.6	97%	
12YX019-04	119.9	6356	8474	0.75	0.0519	0.0023	0.1395	0.0062	0.0196	0.0005	133	5.5	125	3.4	94%	
12YX019-05	93.1	4124	6699	0.62	0.0512	0.0028	0.1394	0.0077	0.0202	0.0006	132	6.8	129	3.6	97%	
12YX019-06	109.2	5084	7932	0.64	0.0459	0.0025	0.1269	0.0070	0.0202	0.0005	121	6.3	129	3.5	94%	
12YX019-07	76.9	2963	5813	0.51	0.0517	0.0032	0.1493	0.0089	0.0212	0.0006	141	7.9	136	3.8	95%	
12YX019-08	113.5	5161	8119	0.64	0.0502	0.0028	0.1453	0.0081	0.0212	0.0006	138	7.1	135	3.6	98%	
12YX019-09	117.8	5174	8703	0.59	0.0474	0.0024	0.1356	0.0068	0.0208	0.0006	129	6.1	133	3.6	97%	
12YX019-10	119.1	5467	8694	0.63	0.0501	0.0025	0.1415	0.0072	0.0205	0.0006	134	6.4	131	3.5	97%	
12YX019-11	107.9	4516	7929	0.57	0.0532	0.0028	0.1529	0.0083	0.0210	0.0006	145	7.3	134	3.6	92%	
12YX019-12	98.7	3998	7469	0.54	0.0515	0.0027	0.1448	0.0076	0.0205	0.0006	137	6.7	131	3.5	95%	
12YX019-13	147.5	7154	9886	0.72	0.0542	0.0024	0.1582	0.0069	0.0213	0.0006	149	6.1	136	3.6	90%	
12YX019-14	179	10289	11833	0.87	0.0526	0.0025	0.1471	0.0071	0.0203	0.0005	139	6.3	130	3.4	92%	
12YX019-15	86.6	3323	6512	0.51	0.0517	0.0029	0.1499	0.0085	0.0211	0.0006	142	7.5	135	3.6	94%	
12YX019-16	101.3	3890	7559	0.51	0.0504	0.0024	0.1456	0.0071	0.0211	0.0006	138	6.3	134	3.6	97%	
12YX019-17	90.2	3632	6848	0.53	0.0541	0.0035	0.1495	0.0095	0.0203	0.0006	141	8.4	130	3.7	91%	
12YX019-18	139.2	5960	10035	0.59	0.0535	0.0026	0.1545	0.0078	0.0209	0.0006	146	6.9	134	3.6	91%	
12YX019-19	113.6	4785	8126	0.59	0.0502	0.0024	0.1431	0.0068	0.0209	0.0006	136	6.1	134	3.6	98%	
12YX019-20	118.8	5566	8818	0.63	0.0475	0.0023	0.1303	0.0066	0.0199	0.0005	124	6.0	127	3.4	97%	
12YX019-21	2194	23681	22722	1.04	0.0666	0.0018	1.1176	0.0342	0.1215	0.0032	762	16.4	739	18.6	96%	
12YX019-22	93.5	3683	6737	0.55	0.0527	0.0026	0.1515	0.0077	0.0212	0.0006	143	6.8	135	3.8	94%	
12YX019-23	111.5	4852	7780	0.62	0.0528	0.0027	0.1530	0.0079	0.0210	0.0006	145	7.0	134	3.6	92%	
12YX019-24	103.7	4139	7812	0.53	0.0464	0.0025	0.1306	0.0069	0.0207	0.0006	125	6.2	132	3.6	94%	
12YX019-25	120.8	5205	9075	0.57	0.0485	0.0025	0.1348	0.0072	0.0202	0.0005	128	6.4	129	3.4	99%	
12YX019-26	106.1	4684	7662	0.61	0.0529	0.0030	0.1488	0.0092	0.0204	0.0006	141	8.1	130	3.8	92%	
12YX019-27	105.9	4544	7810	0.58	0.0535	0.0023	0.1518	0.0072	0.0205	0.0006	143	6.3	131	3.5	90%	
12YX019-28	143	8345	8534	0.98	0.0457	0.0025	0.1335	0.0077	0.0211	0.0006	127	6.9	134	3.6	94%	
12YX019-29	170.9	2390	11271	0.21	0.0507	0.0022	0.2084	0.0094	0.0298	0.0008	192	7.9	189	5.0	98%	
12YX019-30	85.9	3369	6370	0.53	0.0531	0.0031	0.1518	0.0090	0.0207	0.0006	143	7.9	132	3.6	91%	
12YX019-31	131.6	5079	10125	0.50	0.0477	0.0019	0.1357	0.0058	0.0207	0.0006	129	5.2	132	3.5	97%	
12YX019-32	121.0	5044	9123	0.55	0.0487	0.0025	0.1399	0.0076	0.0208	0.0006	133	6.8	133	3.5	99%	
12YX019-33	143	7494	10140	0.74	0.0513	0.0024	0.1414	0.0066	0.0202	0.0006	134	5.8	129	3.6	96%	

测点编号	元素含量($\times 10^{-6}$)			Th/U	同位素比值						同位素年龄(Ma)					
	Pb	Th	U		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{206}\text{Pb})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		谐和度 (%)	
					测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ		
12YX020-01	5.23	165	186	0.89	0.0540	0.0031	0.1483	0.0086	0.0201	0.0006	140	7.6	128	3.5	91%	
12YX020-02	4.96	184	173	1.06	0.0550	0.0032	0.1503	0.0091	0.0200	0.0005	142	8.0	128	3.5	89%	
12YX020-03	4.75	150	176	0.85	0.0503	0.0030	0.1357	0.0081	0.0197	0.0005	129	7.3	126	3.4	97%	
12YX020-04	4.90	152	182	0.83	0.0547	0.0032	0.1451	0.0081	0.0195	0.0005	138	7.2	125	3.3	90%	
12YX020-05	4.84	143	174	0.82	0.0470	0.0027	0.1335	0.0077	0.0207	0.0006	127	6.9	132	3.5	96%	
12YX020-06	4.24	144	149	0.97	0.0531	0.0029	0.1493	0.0086	0.0203	0.0006	141	7.6	130	3.5	91%	
12YX020-07	5.16	189	186	1.02	0.0519	0.0030	0.1391	0.0084	0.0194	0.0005	132	7.5	124	3.4	93%	
12YX020-08	5.87	182	214	0.85	0.0517	0.0027	0.1440	0.0078	0.0203	0.0005	137	7.0	129	3.5	94%	
12YX020-09	4.05	158	151	1.04	0.0484	0.0030	0.1260	0.0078	0.0191	0.0005	121	7.0	122	3.3	98%	
12YX020-10	5.45	199	199	1.00	0.0481	0.0028	0.1312	0.0081	0.0199	0.0005	125	7.2	127	3.4	98%	
12YX020-11	5.01	160	180	0.89	0.0503	0.0033	0.1437	0.0094	0.0206	0.0006	136	8.3	131	3.6	96%	
12YX020-12	5.20	184	183	1.01	0.0529	0.0031	0.1491	0.0088	0.0202	0.0006	141	7.8	129	3.5	90%	
12YX020-13	4.42	155	156	0.99	0.0531	0.0032	0.1457	0.0088	0.0200	0.0005	138	7.8	128	3.4	92%	
12YX020-14	4.19	143	148	0.97	0.0531	0.0035	0.1446	0.0101	0.0199	0.0006	137	9.0	127	3.5	92%	
12YX020-15	5.62	217	198	1.09	0.0489	0.0023	0.1289	0.0066	0.0195	0.0005	123	5.9	125	3.4	98%	
12YX020-16	6.00	233	215	1.09	0.0468	0.0023	0.1235	0.0068	0.0193	0.0005	118	6.1	123	3.2	95%	
12YX020-17	5.07	185	179	1.03	0.0485	0.0026	0.1288	0.0077	0.0194	0.0005	123	6.9	124	3.3	99%	
12YX020-18	3.15	122	109	1.12	0.0450	0.0026	0.1183	0.0079	0.0192	0.0005	114	7.1	123	3.2	92%	
12YX020-19	12.12	644	373	1.73	0.0465	0.0020	0.1238	0.0061	0.0193	0.0005	118	5.5	124	3.2	95%	
12YX020-20	6.82	180	240	0.75	0.0515	0.0023	0.1470	0.0075	0.0207	0.0005	139	6.6	132	3.5	94%	
12YX020-21	5.51	209	184	1.14	0.0493	0.0027	0.1378	0.0078	0.0204	0.0005	131	7.0	130	3.4	99%	
12YX020-22	4.48	151	155	0.97	0.0515	0.0028	0.1455	0.0082	0.0206	0.0006	138	7.2	131	3.5	95%	
12YX020-23	3.83	116	131	0.88	0.0561	0.0032	0.1580	0.0090	0.0208	0.0006	149	7.9	133	3.7	88%	
12YX020-24	4.87	173	176	0.98	0.0528	0.0030	0.1428	0.0079	0.0199	0.0005	136	7.0	127	3.4	93%	
12YX020-25	4.24	138	151	0.91	0.0497	0.0028	0.1373	0.0077	0.0204	0.0006	131	6.8	130	3.5	99%	
12YX020-26	5.22	184	174	1.06	0.0533	0.0030	0.1497	0.0081	0.0207	0.0006	142	7.2	132	3.6	92%	
12YX020-27	4.22	132	149	0.88	0.0540	0.0035	0.1462	0.0098	0.0196	0.0006	139	8.7	125	3.6	90%	
12YX020-28	7.40	244	265	0.92	0.0514	0.0024	0.1408	0.0067	0.0200	0.0005	134	6.0	127	3.4	95%	
12YX020-29	5.60	200	200	1.00	0.0511	0.0028	0.1372	0.0076	0.0195	0.0005	131	6.7	125	3.3	95%	
12YX020-30	4.11	137	149	0.92	0.0533	0.0034	0.1450	0.0092	0.0197	0.0005	137	8.2	126	3.4	90%	
12YX020-31	3.24	106	113	0.94	0.0512	0.0032	0.1436	0.0091	0.0203	0.0006	136	8.1	130	3.6	95%	
12YX020-32	4.06	130	149	0.88	0.0517	0.0031	0.1393	0.0083	0.0197	0.0006	132	7.4	126	3.5	94%	
12YX020-33	5.93	306	187	1.64	0.0472	0.0025	0.1275	0.0070	0.0194	0.0005	122	6.3	124	3.2	98%	
12YX020-34	6.39	209	224	0.93	0.0486	0.0026	0.1367	0.0076	0.0203	0.0005	130	6.7	130	3.3	99%	

测点编号	元素含量($\times 10^{-6}$)			Th/U	同位素比值						同位素年龄(Ma)						
	Pb	Th	U		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{206}\text{Pb})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		谐和度 (%)		
					测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ			
12YX020-35	4.22	140	149	0.94	0.0518	0.0028	0.1398	0.0074	0.0199	0.0005	133	6.6	127	3.4	95%		
天柱山黑云母二长花岗岩																	
12YX023-01	4.18	301	110	2.73	0.0548	0.0042	0.1467	0.0112	0.0203	0.0007	139	9.9	130	4.5	93%		
12YX023-02	7.95	389	246	1.58	0.0482	0.0028	0.1411	0.0082	0.0211	0.0006	134	7.3	134	3.8	99%		
12YX023-03	24.14	638	955	0.67	0.0500	0.0016	0.1373	0.0049	0.0199	0.0006	131	4.4	127	3.5	97%		
12YX023-04	2.96	168	87	1.93	0.0497	0.0037	0.1381	0.0101	0.0207	0.0006	131	9.0	132	4.0	99%		
12YX023-05	28.4	1600	1065	1.50	0.0485	0.0016	0.1167	0.0042	0.0174	0.0005	112	3.8	111	2.9	99%		
12YX023-06	14.62	741	447	1.66	0.0539	0.0023	0.1517	0.0070	0.0204	0.0005	143	6.2	130	3.4	90%		
12YX023-07	3.50	190	100	1.90	0.0545	0.0038	0.1516	0.0099	0.0207	0.0006	143	8.8	132	3.9	91%		
12YX023-08	11.67	668	330	2.03	0.0537	0.0021	0.1492	0.0063	0.0201	0.0005	141	5.6	129	3.4	90%		
12YX023-09	7.75	386	240	1.61	0.0524	0.0030	0.1430	0.0084	0.0199	0.0006	136	7.4	127	3.5	93%		
12YX023-10	7.68	362	254	1.43	0.0480	0.0027	0.1303	0.0074	0.0197	0.0005	124	6.6	126	3.4	98%		
12YX023-11	4.05	227	121	1.87	0.0511	0.0032	0.1405	0.0085	0.0203	0.0006	133	7.6	130	3.8	97%		
12YX023-12	14.3	798	373	2.14	0.0507	0.0024	0.1532	0.0081	0.0218	0.0006	145	7.1	139	3.7	95%		
12YX023-13	5.48	324	168	1.92	0.0472	0.0027	0.1245	0.0071	0.0194	0.0005	119	6.4	124	3.4	96%		
12YX023-14	6.81	267	213	1.25	0.0497	0.0028	0.1457	0.0085	0.0216	0.0006	138	7.6	138	3.9	99%		
12YX023-15	8.05	487	247	1.97	0.0493	0.0024	0.1300	0.0065	0.0192	0.0005	124	5.8	123	3.3	98%		
12YX023-16	16.3	1085	425	2.55	0.0466	0.0021	0.1347	0.0063	0.0212	0.0006	128	5.6	135	3.6	94%		
12YX023-17	29.9	2330	854	2.73	0.0501	0.0018	0.1290	0.0052	0.0185	0.0005	123	4.7	118	3.3	95%		
12YX023-18	8.60	612	213	2.88	0.0546	0.0031	0.1504	0.0084	0.0202	0.0006	142	7.4	129	3.6	90%		
12YX023-19	3.63	156	121	1.29	0.0506	0.0036	0.1449	0.0102	0.0209	0.0006	137	9.0	134	4.0	97%		
12YX023-20	9.49	691	238	2.90	0.0522	0.0030	0.1458	0.0087	0.0202	0.0006	138	7.8	129	3.5	92%		
12YX023-21	7.41	363	238	1.53	0.0486	0.0025	0.1329	0.0069	0.0200	0.0006	127	6.2	128	3.5	99%		
12YX023-22	17.0	1307	431	3.03	0.0492	0.0021	0.1369	0.0059	0.0203	0.0005	130	5.3	130	3.4	99%		
12YX023-23	9.86	331	329	1.01	0.0470	0.0022	0.1407	0.0067	0.0217	0.0006	134	5.9	138	3.6	96%		
12YX023-24	7.67	341	247	1.38	0.0495	0.0025	0.1381	0.0069	0.0206	0.0006	131	6.2	131	3.7	99%		
12YX023-25	3.32	139	115	1.22	0.0512	0.0038	0.1351	0.0089	0.0200	0.0006	129	8.0	128	3.6	99%		
天柱山岩体内花岗片麻岩																	
12YX022-01	22.76	97	328	0.30	0.0581	0.0019	0.4458	0.0167	0.0554	0.0015	374	11.7	347	9.5	92%		
12YX022-02	47.0	200	290	0.69	0.0646	0.0019	1.1263	0.0366	0.1259	0.0034	766	17.5	764	19.2	99%		
12YX022-03	56.6	202	659	0.31	0.0607	0.0017	0.6080	0.0200	0.0722	0.0020	482	12.6	449	11.8	92%		
12YX022-04	38.49	137	328	0.42	0.0624	0.0019	0.8263	0.0290	0.0957	0.0026	612	16.1	589	15.5	96%		
12YX022-05	60.9	328	377	0.87	0.0637	0.0018	1.0550	0.0346	0.1194	0.0032	731	17.1	727	18.4	99%		
12YX022-06	77.4	392	440	0.89	0.0642	0.0018	1.1418	0.0366	0.1280	0.0034	773	17.4	776	19.3	99%		

测点编号	元素含量($\times 10^{-6}$)			Th/U	同位素比值						同位素年龄(Ma)					
	Pb	Th	U		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{206}\text{Pb})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		$n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$		$n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$		谐和度 (%)	
					测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ		
12YX022-07	24.24	104	140	0.74	0.0639	0.0022	1.1547	0.0429	0.1306	0.0036	779	20.2	791	20.8	98%	
12YX022-08	49.2	283	348	0.81	0.0657	0.0020	0.9703	0.0375	0.1062	0.0032	689	19.3	651	18.7	94%	
12YX022-09	37.9	191	231	0.83	0.0684	0.0022	1.1550	0.0408	0.1228	0.0033	780	19.2	746	18.8	95%	
12YX022-10	103.0	349	748	0.47	0.0659	0.0018	1.0082	0.0329	0.1107	0.0031	708	16.6	677	17.8	95%	
12YX022-11	62.7	317	435	0.73	0.0666	0.0020	1.0252	0.0343	0.1119	0.0030	717	17.2	684	17.7	95%	
12YX022-12	27.8	256	138	1.85	0.0646	0.0024	1.0770	0.0435	0.1219	0.0033	742	21.3	741	18.8	99%	
12YX022-13	60.8	721	282	2.56	0.0688	0.0022	1.0443	0.0389	0.1108	0.0030	726	19.3	678	17.3	93%	
12YX022-14	48.2	155	335	0.46	0.0637	0.0019	1.0342	0.0349	0.1184	0.0032	721	17.4	721	18.4	99%	
12YX022-15	44.38	114	429	0.27	0.0661	0.0022	0.7507	0.0285	0.0833	0.0027	569	16.6	516	16.0	90%	
12YX022-16	48.7	299	326	0.92	0.0650	0.0019	1.0366	0.0339	0.1160	0.0031	722	16.9	707	17.7	97%	
12YX022-17	61.5	288	396	0.73	0.0653	0.0019	1.0684	0.0353	0.1188	0.0032	738	17.3	724	18.2	98%	
12YX022-18	16.0	130	81	1.60	0.0740	0.0030	1.2470	0.0505	0.1231	0.0035	822	22.8	748	20.3	90%	
12YX022-19	47.2	212	340	0.62	0.0606	0.0018	0.9047	0.0305	0.1078	0.0029	654	16.3	660	16.8	99%	
12YX022-20	32.3	148	193	0.77	0.0651	0.0020	1.1074	0.0393	0.1235	0.0035	757	18.9	750	19.9	99%	
12YX022-21	57.8	227	386	0.59	0.0652	0.0019	1.0394	0.0366	0.1154	0.0032	724	18.2	704	18.3	97%	
12YX022-22	43.9	156	269	0.58	0.0651	0.0020	1.1198	0.0377	0.1248	0.0034	763	18.1	758	19.5	99%	
12YX022-23	26.27	124	156	0.79	0.0670	0.0022	1.1483	0.0406	0.1251	0.0034	776	19.2	760	19.8	97%	
12YX022-24	60.5	251	356	0.71	0.0658	0.0019	1.1958	0.0380	0.1318	0.0036	799	17.6	798	20.5	99%	
12YX022-25	18.7	139	93	1.49	0.0685	0.0026	1.2012	0.0463	0.1279	0.0035	801	21.4	776	20.0	96%	
12YX022-26	96.4	467	586	0.80	0.0734	0.0024	1.2352	0.0407	0.1225	0.0033	817	18.5	745	19.1	90%	
12YX022-27	80.6	211	1194	0.18	0.0604	0.0017	0.4983	0.0177	0.0596	0.0018	411	12.0	373	11.1	90%	
12YX022-28	57.1	240	526	0.46	0.0639	0.0020	0.7824	0.0306	0.0884	0.0028	587	17.4	546	16.6	92%	
12YX022-29	36.9	140	250	0.56	0.0662	0.0021	1.0743	0.0425	0.1168	0.0037	741	20.8	712	21.3	96%	
12YX022-30	29.03	130	242	0.54	0.0667	0.0023	0.9468	0.0498	0.1007	0.0044	676	26.0	619	25.9	91%	
12YX022-31	60.6	230	393	0.58	0.0641	0.0018	1.1130	0.0359	0.1253	0.0034	760	17.2	761	19.7	99%	
12YX022-32	89.8	622	676	0.92	0.0664	0.0019	0.8441	0.0281	0.0915	0.0025	621	15.4	565	14.8	90%	
12YX022-33	13.94	61	178	0.34	0.0617	0.0025	0.5523	0.0273	0.0652	0.0025	447	17.8	407	15.4	90%	