

# 湖北红安群的时代:变质花岗质侵入体 U-Pb 定年提供的制约

刘晓春<sup>1</sup> 董树文<sup>1</sup> 李三忠<sup>2</sup> 薛怀民<sup>3</sup> 刘建民<sup>1</sup> 曲 玮<sup>1</sup>

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 2. 中国海洋大学地学院, 山东 青岛 266003;

3. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100026)

**摘要:**湖北红安群的原岩形成时代一直是个有争议的问题。笔者对红安群中两个不同类型的花岗质侵入体进行了锆石 U-Pb 定年, 在位于红安群之下的双峰尖岩体中获得岩浆侵位年龄为  $(813 \pm 6)$  Ma, 在侵入于红安群中的高格岩体获得岩浆侵位年龄为  $(638 \pm 142)$  Ma, 高压变质年龄为  $(229 \pm 22)$  Ma。结合目前在扬子板块和大别造山带内部获得的一系列新元古代年代学数据, 认为红安群变质杂岩中沉积地层的形成时代应限制在 825~630 Ma 之间, 是扬子大陆基底在新元古代裂解的产物。这套岩石在印支期(约 230 Ma)华北与扬子板块碰撞过程中经历了低温高压蓝片岩—榴辉岩相变质作用。

**关键词:** U-Pb 定年; 花岗质侵入体; 新元古代; 红安群; 湖北

**中图分类号:** P597+.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2005)01-0075-07

出露于湖北北部的红安群主要由一套双峰式细碧—石英角斑质变质火山碎屑岩组成, 其底部发育一套陆源浅海相变质沉积岩系, 顶部夹多层浅海相变泥质岩。红安群在印支期由南向北经历了从蓝片岩相、绿片岩相到绿帘角闪岩相+榴辉岩相的低温高压变质作用, 从而构成大别—苏鲁高压—超高压变质带的组成部分。这期高压变质事件的改造使得对红安群变质地层原始沉积时代的确定带来了很大困难, 因而也出现了诸多争议。在 1:20 万黄陂幅和新县幅区调报告中, 红安群被限定在中—新元古代, 但近年也有人提出其中一部分可能属于古生代<sup>[1]</sup>。在红安群中出露几个典型的变质变形花岗岩体, 如大磊山岩体、双峰尖岩体和高格岩体, 它们一般构成一个构造穹隆或复背形的核部。笔者试图根据不同类型变质花岗岩的锆石 U-Pb 定年来限定红安群的原岩年代。

## 1 区域地质

### 1.1 红安群的组成

红安群根据变质程度从南向北可划分出 4 个岩石—构造单元(岩组), 即红安高压榴辉岩单元、七角山高压榴辉岩单元、桐柏集绿片岩单元和木兰山蓝片岩单元(图 1)<sup>[2]</sup>, 但这种划分仅仅是变质级别的反映, 并不代表原始的地层层序。

红安高压榴辉岩单元: 夹持于北部黄站—王福店韧性剪切带与南部七角山—永佳河韧性剪切带之间, 相当于原红安群天台山组和部分七角山组, 《湖北省区域地质志》将其划归桐柏山群<sup>[3]</sup>。该单元主体为一套绿帘角闪岩相变质火山沉积岩系, 以白云钠长片麻岩、白云二长片麻岩及磁铁二长浅粒岩为主, 少数为白云钾长片麻岩、二云斜长片麻岩和钾长浅粒岩, 间有白云石英片岩和似层状或透镜状石榴角闪岩, 底部靠近新县超高压榴辉岩单元产有大理岩、石墨片岩条带和大量的角闪榴辉岩。在单元的中部还产出一套片麻状变质花岗岩(本文称高格岩体), 构成一个区域规模的倒转背形构造。

七角山高压榴辉岩单元: 夹持于北部七角山—永佳河韧性剪切带与南部河口—李家<sup>■</sup>脆性断裂之间, 相当于原红安群七角山组的下部。该单元在东南部出露较窄, 向西北部逐渐加宽。主体岩性为白云钠长片麻岩、白云钠长石英片岩夹磁铁二长浅粒岩和白云石英片岩, 并夹有大量的似层状、条带状或透镜状石榴角闪岩和绿帘斜长角闪岩。其底部发育一套特征的变质沉积岩组合, 以白云片岩、石墨(白云)片岩、大理岩和石英片岩为标志, 内含大量角闪榴辉岩和超镁铁岩(蛇纹岩)团块, 并且本身构成一个向南陡倾的片理化带。

桐柏集绿片岩单元: 夹持于北部河口—李家<sup>■</sup>脆性断

收稿日期: 2004-05-18; 改回日期: 2004-10-26

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(200013000169)和国土资源部自由探索项目(2002406)资助。

作者简介: 刘晓春, 男, 1962 年生, 博士, 研究员, 从事变质地质学研究; E-mail: liuxchqw@yahoo.com.cn。

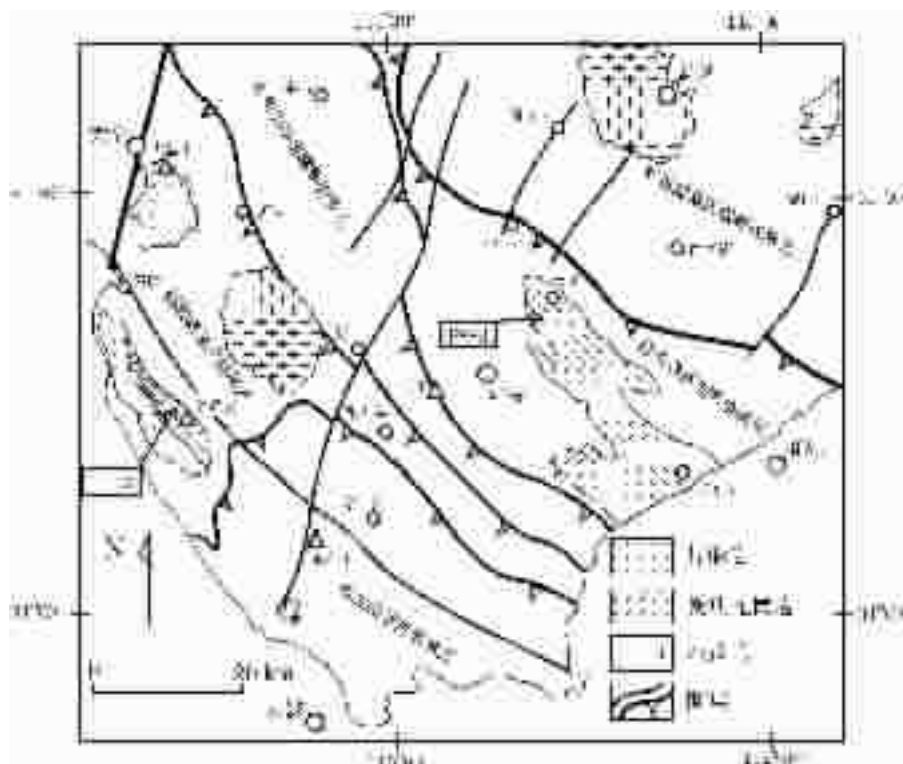


图1 湖北红安群地质简图与变质花岗岩体的出露位置

Fig.1 Simplified geological map of the Hong'an Group, Hubei, showing the locations of metagranitic bodies

裂与南部庙咀—八里<sup>1</sup>韧性剪切带之间,与七角山单元一样,在东南部出露很窄,而西北部较宽。主要由双峰式变质火山沉积岩系构成,以白云钠长片岩、白云钠长石英片岩和白云石英片岩为主,夹大量的钠长浅粒岩、白云片岩和绿片岩,浅色岩中常含有锰铝榴石、多硅白云母和红帘石等低温高压变质矿物,但角闪石类主要为冻蓝闪石或阳起石。该单元西部出露大磊山和双峰尖两个片麻状变质花岗岩穹隆,围绕穹隆发育一套浅海相含磷陆源碎屑沉积变质岩系,以前称黄麦岭组,以变质磷块岩—大理岩—石墨片岩—石英片岩—变质长石砂岩组合为特征。

**木兰山蓝片岩单元:**位于庙咀—八里<sup>1</sup>韧性剪切带南部,西侧被双峰尖穹隆阻隔。该单元层位性较好,下部(相当于磨盘寨组)主体岩性与桐柏集单元双峰式变质火山岩相似,为白云钠长片麻岩、白云钠长石英片岩、长英质糜棱岩(钠长浅粒岩)夹大量的白云石英片岩、白云片岩和绿片岩,岩石中的变质矿物也与桐柏集单元相似,但变质酸性火山岩中普遍含有青铝闪石及大量的钠长石晶屑。上部(相当于塔尔岗组)则由互层状白(绢)云母片岩、白云石英片岩与绿片岩组成,并构成一个宽缓向斜的核部,绿片岩中常常发育大量的黑硬绿泥石(即黑硬绿泥石片岩)。

## 1.2 岩体产状

**大磊山岩体:**出露于桐柏集绿片岩单元的西北部,并构成

一个明显的穹隆构造。其产状、与围岩的接触关系及变形特征已由杨巍然等<sup>[4]</sup>详细描述。总体上讲,大磊山岩体由一套花岗质片麻岩组成,局部发育眼球状构造,中心相局部变形较弱。其上覆岩系是黄麦岭含磷层位,在岩体西南侧磷矿区可见变质砾岩,砾石成分主要为花岗质片麻岩和石英。岩内石英脉变形强烈,并可见较小的不对称褶皱,指示了向北逆冲的特征。在岩体北侧可见花岗质片麻岩与白云母石英片岩呈平行化接触(韧性剪切带),片麻岩内发育宽约3 m的变形带。由此可见,岩体与围岩的接触界限已被后期变形作用强烈改造。

**双峰尖岩体:**出露于桐柏集绿片岩单元西南部的双峰尖背斜核部,围岩为大别群片麻岩及红安群或震旦纪大理岩。由于花岗岩未能穿过背斜转折端部位,所以它不太可能是一个晚期岩体。双峰尖岩体本身发育不均一的变形,有时可见强弱变形带相间分布,但总体上向边部变形增强。其南部为大别群强糜棱岩化眼球状花岗片麻岩、长英质糜棱岩以及含花岗质砾石的绿片岩,接触带挤压变形发育,产状陡倾。尽管在1:5万填图时报道岩体与红安群围岩之间有侵入接触关系被发现,但笔者在几处检查发现均为构造(断层)接触。如在姚家山南观察到,岩体与长英质糜棱岩及石英岩质糜棱岩间的接触部位存在5~10 cm宽断层角砾岩,此正断层是晚期下滑造成的,但可能继承了早期的韧性断层带。实际上,该岩体与大别群围岩一起构成了另一个花岗岩—片麻岩穹隆,红安群

或震旦纪围岩,特别是大理岩围绕穹隆分布,其内也含有少量磷块岩,这些特征与大磊山穹隆非常相似。

高格岩体:出露于红安高压榴辉岩单元中的一个区域规模的倒转背形构造的核部,从高格向东南一直延伸到浮桥河,并形成两个次级分支。岩石主体是一套二云二长、钾长花岗质片麻岩,变形较强,其与围岩的边界均为韧性变形带,没有发现明显的侵入接触关系。

## 2 变质花岗岩的岩石地球化学特征

### 2.1 岩相学特征

大磊山变质花岗岩(DLS01 和 DLS04):斑状结构,片麻

表 1 红安群中变质花岗岩的化学成分

Table 1 Chemical composition of metagranites in the Hong'an Group

岩体 样号	大磊山岩体		双峰尖岩体		高格岩体	
	DLS01	DLS04	FF05	FF13	P329	P333
SiO <sub>2</sub>	74.02	75.00	75.74	73.64	73.36	76.61
TiO <sub>2</sub>	0.24	0.23	0.12	0.28	0.27	0.05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.21	13.29	12.74	13.43	13.72	12.53
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.12	0.72	0.96	0.75	1.19	0.19
FeO	0.43	0.41	0.47	0.28	0.77	0.56
MnO	0.04	0.03	0.04	0.03	0.05	0.03
MgO	0.36	0.17	0.16	0.47	0.32	0.01
CaO	0.60	0.45	0.48	1.12	1.03	0.49
Na <sub>2</sub> O	3.53	3.92	3.97	4.06	4.13	4.11
K <sub>2</sub> O	5.25	5.38	4.95	4.85	4.91	4.45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05	0.03	0.01	0.05	0.06	0.01
H <sub>2</sub> O	0.56	0.52	0.40	0.34	0.54	0.46
CO <sub>2</sub>	0.53	0.35	0.01	0.27	0.35	0.18
总量	99.94	100.50	100.05	99.57	100.7	99.68
Rb	147	203	164	158	164	285
Ba	1013	372	633	829	555	80.8
Th	13.5	36.1	14.5	20.4	18.1	34.7
U	3.10	2.67	4.86	3.01	3.08	7.29
Nb	13.9	22.7	14.2	14.4	24.1	56.9
Ta	1.41	2.84	1.26	1.39	1.85	5.13
Sr	85.7	45.6	181	121	92.9	10.4
Zr	175	170	105	200	253	126
Y	30.1	40.9	18.8	25.3	47.9	101
Ga	15.7	17.1	13.3	15.5	20.2	24.2
La	48.2	76.2	34.5	56.2	61.2	24.0
Ce	87.9	163	64.5	100	114	57.0
Pr	9.98	14.5	6.85	9.83	13.1	7.83
Nd	37.1	49.0	24.3	33.5	47.4	33.1
Sm	6.65	8.06	4.24	5.46	8.68	9.76
Eu	1.11	0.59	0.74	0.80	0.71	0.14
Gd	5.77	7.26	4.11	5.46	7.71	8.90
Tb	0.82	0.99	0.56	0.73	1.15	1.85
Dy	5.09	6.20	3.12	4.16	7.49	13.6
Ho	1.04	1.30	0.63	0.84	1.61	3.21
Er	2.91	3.70	1.73	2.31	4.63	9.38
Tm	0.46	0.61	0.27	0.37	0.74	1.61
Yb	3.25	4.35	1.85	2.55	5.30	11.9
Lu	0.50	0.69	0.29	0.41	0.84	1.84

注:常量元素氧化物单位为重量%,由国家地质分析测试中心用 XRF (仪器型号 3080E)法测试,分析误差为 1%~3%;微量元素单位为  $\mu\text{g/g}$ ,由西北大学 ICP-MS (仪器型号 Elan 6100DRC) 法测试,分析误差为 1%~10%,取决于元素的含量。

状、条带状或眼球状构造,矿物分布不均,不同矿物常有成堆聚集的现象。岩石的主要组成矿物是钾长石、斜长石和石英,颗粒大小不均,他们均可构成大颗粒斑晶,其中斜长石表面强烈白云母化,钾长石则主要表现为土化。围绕斑晶的基质矿物除细粒长英质矿物外,还包括黑云母、白云母、绿泥石、绿帘石等,副矿物为榍石、锆石和磁铁矿。

双峰尖变质花岗岩(FF05 和 FF13):岩石一般呈斑状结构,斑晶主要是钾长石和斜长石,其中后者内部多强烈蚀变为白云母和绿帘石。黑云母明显成堆聚集,并多与绿帘石、榍石等共生,较大绿帘石中心常含有褐帘石残核。岩石受韧性变形明显,基质细粒矿物已完全重结晶,主要成分是石英、斜长石、钾长石、黑云母、白云母、绿帘石等,局部含有石榴石,代表变质矿物组合。

高格变质花岗岩(P329 和 P333):片麻理发育,一般称为花岗质片麻岩。岩石主要由钾长石、斜长石和石英组成,一般含少量白云母、黑云母、绿帘石和筛状石榴石变斑晶,这些矿物常常聚集成条带状构造。黑云母有时可见绿泥石化。副矿物主要是榍石、锆石和少量磁铁矿。从结构上看,该岩石已全部经历了变质重结晶。

### 2.2 地球化学特征

3 个岩体的变质花岗岩均以高硅( $\text{SiO}_2=73.36\%\sim 76.61\%$ )、富碱( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}=8.56\%\sim 9.30\%$ )和低钙( $\text{CaO}=0.45\%\sim 1.12\%$ )为特征(表 1)。在 An-Ab-Or 分类图解上,它们均位于花岗岩区域。稀土元素的球粒陨石标准化曲线均以强烈的负 Eu 异常( $\delta\text{Eu}=0.05\sim 0.53$ )为特征(图 2-a),其中样品 P333 稀土元素之间的分馏程度微弱 ( $(\text{La}/\text{Yb})_N=1.37$ ),但负 Eu 异常却很强( $\delta\text{Eu}=0.05$ ),中稀土略亏损( $(\text{La}/\text{Sm})_N=1.55$ ,  $(\text{Tb}/\text{Yb})_N=0.67$ ),球粒陨石标准化模式呈凹面向上的“V”字型。其他样品的轻、重稀土元素之间的分馏程度中等( $(\text{La}/\text{Yb})_N=7.8\sim 11.8$ ),且主要是轻稀土元素之间的分馏( $(\text{La}/\text{Sm})_N=4.44\sim 5.95$ ),而重稀土元素之间几乎无分馏( $(\text{Tb}/\text{Yb})_N=0.92\sim 1.08$ ),负 Eu 异常虽然也很强( $\delta\text{Eu}=0.23\sim 0.53$ ),但明显较样品 P333 弱。在微量元素原始地幔标准化蛛网图上,这些岩石(样品 P333 除外)表现为相对富集 Rb 和 Th (U)等高度不相容元素,强烈亏损 Sr、P 和 Ti,中等亏损 Ba 和高场强元素 Nb (Ta) (图 2-b)。与此相比,样品 P333 表现为更强烈的 Ba、Sr、P 和 Ti 的亏损而无 Nb 的负异常。大磊山和双峰尖岩体的  $^{10}\text{Ga}/\text{Al}$  比值介于 1.97~2.43 之间,而高格岩体高达 2.78~3.65,显示 A 型的特征,说明两类岩石的成因是不同的。这些岩石中明显亏损 Sr 和 Ba 元素及强的负 Eu 异常均说明原岩形成过程中有过较强的富钙矿物(主要是斜长石)的结晶分异。

## 3 变质花岗岩的时代

### 3.1 测试方法

由于前人已在大磊山岩体中获得 2 个比较可靠的同位素年龄数据<sup>[9]</sup>,所以本研究只采取双峰尖和浮桥河两个岩体进行年代学测试。样品测试由天津地质矿产研究所同位素

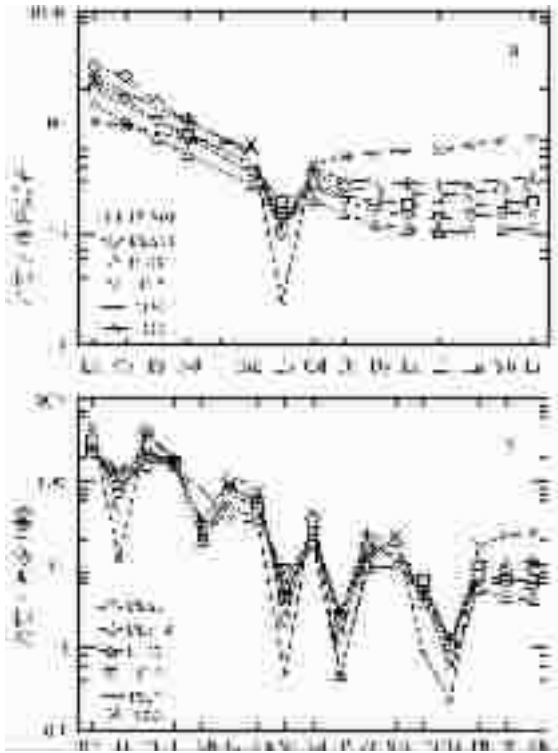


图2 变质花岗岩的稀土元素球粒陨石标准化配分图(a)和微量元素原始地幔标准化蛛网图(b)

Fig.2 Chondrite-normalized REE patterns (a) and primitive mantle-normalized trace element (b) spidergrams for metagranites in the Hong'an Group

地质室采用颗粒锆石 U-Pb 稀释法完成。分析流程:(1)将清洗锆石放入 0.25 ml 容积的 PEF 氟塑料小容器内,加入 0.2 ml 浓度为 7mol/m<sup>3</sup>HNO<sub>3</sub>,在 130℃下加热 30 分钟,再用 4 次逊沸水反复清洗;(2)采用改进的 Krogh (1973)法分解锆石,其 HF 用量 0.05 ml,在 190℃温度下加热 15~20 小时;(3)取出 2/3 被分解的锆石溶液直接蒸干,备作样品铅同位素组成测定,取出 1/3 溶液加入适量 <sup>208</sup>Pb-<sup>235</sup>U 稀释剂蒸干,备作样品混合铅同位素分析;(4)将铀和铅样品混和物用浓硅胶-磷酸溶液滴加在同一铱带灯丝上,在 VG354 质谱计上,在 1 300~1 400℃高温下,采用加有一定负高压 Daly 电极,将低于 10~13A 微弱离子流放大 20~50 倍,进行铅、铀比值测定。年龄计算使用的参数为:λ<sup>238</sup>U=1.551 25×10<sup>-10</sup>, λ<sup>235</sup>U=9.8485×10<sup>-10</sup>。

3.2 测试结果

双峰尖变质花岗岩:样品 FF13 采自黄陂区双峰尖北坡大寺庵。分选出的锆石呈浅黄、浅棕黄至浅棕色,透明度好,颗粒较细小,以自形长柱状为主。共测定 5 个颗粒(表 2),其中 1~3 号颗粒的 <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U、<sup>207</sup>Pb/<sup>235</sup>U 和 <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 表面年龄在误差范围内一致,并落在一致线上(图 3),其 <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 表面年龄统计的权重平均值为 (813±6)Ma,代表这些锆石的结晶年龄。而 4~5 号颗粒均给出了相对年轻的表面年龄值,说明它们有不同程度的 Pb 丢失。由 5 颗锆石所构成的不一致线下

交点年龄为 (547±206)Ma,由于数据点都靠近上交点,故下交点年龄误差较大,不能以此作为一次真实地质事件来解释。而上交点年龄为 (825±68 )Ma,误差也较大。故笔者认为以 1~3 号点 <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 表面年龄统计的权重平均值来代表双峰尖花岗岩的侵位时代更为精确可靠。

高格变质花岗岩:样品 P333 采自红安县张家。分选出的锆石呈浅黄、浅棕黄至棕黄色,半透明,颗粒较细小,以长柱状为主,少数为短柱状,自形至半自形。也测定 5 个颗粒(表 3)。在 <sup>207</sup>Pb/<sup>235</sup>U—<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 谐和图(图 4)上,1 号颗粒近于落在谐和线上,2~3 号颗粒也落在不一致线下交点附近,表明它们是以新生成的锆石为主,而 4~5 号颗粒残留较多的继承锆石。5 个投点构成的不一致线与谐和线上交点年龄为 (638±142) Ma,反映的是继承锆石形成的时间。由于数据点靠近不一致线的下端,所以上交点年龄误差较大,但基本上揭示这些锆石是新元古代结晶的。下交点年龄为 (229±22)Ma,与宣化店榴辉岩中锆石的边部年龄 (232±10)Ma 一致<sup>[9]</sup>,应代表印支期高压变质事件发生的时代。

4 讨论与结论

大磊山穹隆核部主要由二长花岗片麻岩组成,曾被划归古元古代大别群,并由于角度不整合关系的确立将上覆红安群归于中元古界。而后由于在花岗片麻岩中获得 823~858 Ma 的年龄<sup>[9]</sup>,使人们对这种不整合关系发生了怀疑。但就整个大别-苏鲁造山带而言,类似的穹隆构造共有 3 个,除大磊山外,还有皖西的柳坪和苏北的锦屏,其外围均以磷块岩(磷矿)的产出为特征。所以,笔者认为这种不整合关系是存在的,当然,这种接触关系已被后期变形作用所改造。双峰尖花岗岩

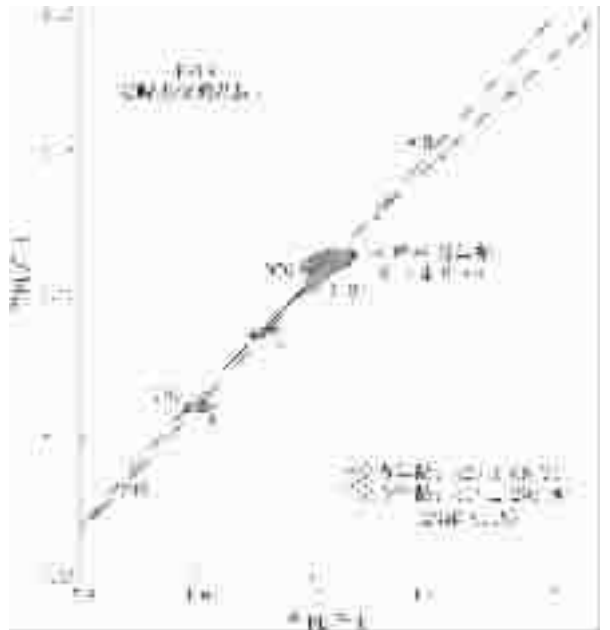


图3 双峰尖变质花岗岩中锆石 U-Pb 同位素年龄

Fig.3 U-Pb concordia diagram for zircons from the Shuangfengjian metagranite

表 2 双峰尖变质花岗岩(FF13)中锆石 U-Pb 同位素地质年龄测定结果  
Table 2 Zircon U-Pb isotopic data for the Shuangfengjian metagranite (FF13)

点号	锆石特征	重量/ $\mu\text{g}$	浓度/ $10^{-6}$		样品中普通铅含量/ $\mu\text{g}$	同位素原子比率					表面年龄(Ma)		
			U	Pb		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		
1	浅棕黄色粗长柱状	30	309	57	0.150	317	0.2902	0.1347(14)	1.229(39)	0.0662(19)	815(8)	814(18)	811(59)
2	浅棕色长柱状	30	514	147	1.300	83	0.3085	0.1347(15)	1.233(30)	0.0664(14)	814(9)	816(14)	819(44)
3	浅黄色长柱状	35	446	103	0.680	131	0.3343	0.1329(20)	1.214(21)	0.0663(05)	805(11)	807(10)	814(16)
4	浅黄色长柱状	35	490	78	0.170	528	0.2791	0.1248(03)	1.115(23)	0.0648(13)	758(2)	761(11)	769(43)
5	浅棕色长柱状	35	307	48	0.150	335	0.2849	0.1143(05)	1.006(23)	0.0638(13)	698(3)	707(12)	735(43)

注:测试方法详见正文; $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  已对实验空白( $\text{Pb}=0.050 \text{ ng}$ ,  $\text{U}=0.002 \text{ ng}$ )及稀释剂作了校正;其他比率中的铅同位素均为放射成因铅同位素;括号内的数字为  $2\sigma$  绝对误差,例如:0.134 7(14)表示  $0.134 7\pm 0.001 4$ 。

表 3 高格变质花岗岩(P333)中锆石 U-Pb 同位素地质年龄测定结果  
Table 3 Zircon U-Pb isotopic data for the Gaoge metagranite (P333)

点号	锆石特征	重量/ $\mu\text{g}$	浓度/ $10^{-6}$		样品中普通铅含量/ $\mu\text{g}$	同位素原子比率					表面年龄(Ma)		
			U	Pb		$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
1	棕黄色长柱状	40	1665	77	0.400	267	0.0492	0.0388(3)	0.277(05)	0.0519(09)	245(2)	248(4)	279(41)
2	浅黄色长柱状	40	1157	60	0.410	215	0.0864	0.0399(1)	0.283(08)	0.0516(13)	252(1)	253(6)	267(57)
3	浅棕色长柱状	40	845	46	0.300	190	0.0730	0.0409(2)	0.304(14)	0.0539(19)	259(1)	270(11)	367(83)
4	浅黄色长柱状	35	344	27	0.190	142	0.1305	0.0514(1)	0.392(08)	0.0554(11)	323(1)	336(6)	428(44)
5	浅黄色短柱状	40	197	19	0.170	132	0.1373	0.0627(3)	0.494(39)	0.0571(43)	392(2)	407(27)	494(165)

注:说明同表 2。

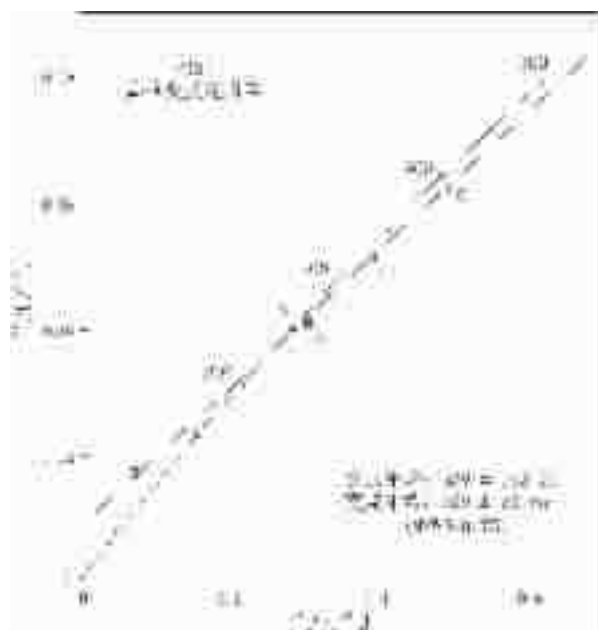


图 4 高格变质花岗岩中锆石 U-Pb 同位素年龄  
Fig.4 U-Pb concordia diagram for zircons from the Gaoge metagranite

体在 1:20 填图时被认为是燕山早期( $\gamma_3^{2-1}$ )侵入的,后来 1:5 万填图时在姚家山西大寺庵采样获得 545 Ma 的锆石 U-Pb 年龄,因此又被确定为加里东期。笔者认为,在大别造山带南部产生一个加里东岩体似乎是不可能的,因为到目前为止,该区没有任何加里东地质事件的迹象。变形作用的发育以及石

榴石的出现可推测它也是一个古老的侵入体,本次在岩石中获得的(813 $\pm$ 6)Ma 的岩浆侵位年龄证实了这一推断。所以,双峰尖与大磊山一样,代表另一个晚期形成的,伏于红安群之下的片麻岩穹隆。实际上,在扬子大陆内部已经发现了一系列约 825 Ma 侵位的花岗岩基,包括扬子北缘的黄陵花岗岩(819 $\pm$ 9)Ma<sup>[7]</sup>、许村花岗岩(823 $\pm$ 8)Ma<sup>[8]</sup>和大别山内部的蕲春花岗岩(825 $\pm$ 18)Ma<sup>[9]</sup>,他们被认为是罗迪尼亚超大陆初期裂解的产物<sup>[10]</sup>。如果承认片麻岩穹隆与周围红安群之间的不整合接触关系,那么红安群的形成时代应晚于 825 Ma。考虑到中国南方震旦纪磷矿的时代,笔者认为将红安群开始沉积的时代定为约 825 Ma 是合适的。

与相对较老的大磊山和双峰尖岩体不同,高格岩体的侵位时代明显较晚。尽管笔者获得的(638 $\pm$ 142)Ma 的年龄数据不十分精确,但却与杨巍然等<sup>[4]</sup>在取自芳畈南侧的钾长花岗质糜棱岩中获得的(629 $\pm$ 15)Ma 的锆石 U-Pb 年龄非常接近,它们应代表这些岩体侵入于红安群的时代,从而限定红安群的沉积上限应大于约 630 Ma。在上世纪 80 年代末,对红安群中的低温高压蓝片岩相变质火山岩进行了全岩 Rb-Sr 等时线定年,结果为 725 Ma,与安徽中部张八岭群 730 Ma 的全岩 Rb-Sr 等时线年龄一致,最初被解释为高压变质年龄<sup>[11]</sup>。然而,根据对低温高压变质作用下 Sr 同位素均一化尺度研究,在蓝片岩相变质条件下 Sr 同位素的最大均一化尺度要小于 1 m,而全岩样品采集的范围大于上述要求,所以李曙光<sup>[12]</sup>等认为在蓝片岩相的全岩 Rb-Sr 法年龄应代表岩石原岩的形成年龄,而不是区域变质年龄。实际上,这组年龄不仅与后来在大别山内部获得的变质火山岩的年龄(760~

790 Ma)<sup>[13-14]</sup>一致,也与一大批榴辉岩和花岗质片麻岩的侵位年龄完全吻合(680~780)Ma<sup>[15-23]</sup>,已被解释为罗迪尼亚超大陆裂解峰期的时代<sup>[23]</sup>。红安群中双峰式细碧—石英角斑质火山岩的发育也已证实他们形成于扬子北缘的大陆裂谷环境<sup>[24]</sup>。这也就是说,大别山变质基底中的基性—酸性岩浆侵入与红安群中的双峰式火山喷发发生在同一新元古代大陆伸展环境之下。

据此得出结论,湖北红安群变质杂岩中沉积地层的形成时代限制在 825~630 Ma 之间,是扬子大陆基底在新元古代裂解的产物,这套岩石在印支期(约 230 Ma)华北与扬子板块碰撞过程中经历了低温高压蓝片岩—榴辉岩相变质作用。尽管在红安群黄麦岭组、宿松群柳坪组和大新屋组以及海州群锦屏组的含磷层位都曾获得约 1 850~2 000 Ma 的古元古代锆石和磷灰石 U—Pb 年龄,如红安群黄麦岭组 1 915 Ma,宿松群大新屋组 1 850 Ma<sup>[9]</sup>,但这些锆石很可能属于来源于扬子变质基底的沉积碎屑锆石,而中国对磷灰石的 U—Pb 同位素测年技术并不十分可靠,所以这组年龄不能代表红安群的沉积时代。笔者最近对桐柏山地区榴辉岩相片岩和片麻岩的 SHRIMP 锆石定年也获得了与此类似的年代学数据,而锆石的标型特征和阴极发光图像清楚地显示了他们的碎屑成因。实际上,红安群与下覆晋宁期变质花岗岩之间的角度不整合接触关系已经否定了其形成于古—中元古代的传统认识。湖北省地质调查院在 1:25 万麻城幅调查中报道<sup>[4]</sup>,在黄麦岭组大理岩中发现了古生代化石,但从提供的结果还很难确定这些迹象是否为真正的化石,特别是在这些经历了变质作用改造的岩石中对化石的鉴定会有很大困难和不确定性。同时,调查中报道在丰店一带的七角山组大理岩中发现了震旦纪蓝绿藻类化石,虽然这种化石的可靠性仍有疑虑,但却与七角山组形成于新元古代的基本认识不相矛盾。笔者认为,对变质地层时代的确定应以区域地质和同位素定年的结合为主要依据,被经历变质改造而可能失去指示意义的古生物化石只能作为定年的辅助手段。

野外调研得到湖北省区域地质调查所周高志和安徽省地质调查院周存亭的指导与帮助,同位素测试由天津地质矿产研究所李惠民和左义成完成,在此一并致谢。

## 参考文献 (References):

- [1] 湖北省地质调查院 1:25 万麻城幅项目组. 湖北省红安—大悟地区原中—新元古代地层中发现古生代化石[J]. 中国地质, 2001, 28(11):35~37.  
Geological Survey of Hubei Province. Discovery of Paleozoic fossils in previously thought Meso- to Neoproterozoic strata in the Hong'an-Dawu area, Hubei Province [J]. *Geology in China*, 2001, 28(11):35~37 (in Chinese).
- [2] 刘晓春,李三忠,刘建民,等. 西大别横穿造山带实测地质剖面的基本构造样式[J]. 地质通报, 2002, 21(9):536~540.  
Liu Xiaochun, Li Sanzhong, Liu Jianmin, et al. Basic structural pattern along a measured geological profile across the Dabie orogen in the western Dabie area [J]. *Geological Bulletin of China*, 2002, 21(9):536~540 (in Chinese with English abstract).
- [3] 湖北省地质矿产局. 湖北省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1990.1~705.  
Geological and Mineral Resource Bureau of Hubei Province. *Regional Geology of Hubei Province*[M]. Beijing:Geological Publishing House, 1990. 1~705 (in Chinese with English abstract).
- [4] 杨巍然,王国灿,简平. 大别造山带构造年代学[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 2000. 1~141.  
Yang Weiran, Wang Guocan, Jian Ping. *Study on the Tectono-Chronology of the Dabie Orogenic Belt*[M]. Wuhan:China University of Geosciences Press, 2000.1~141 (in Chinese with English abstract).
- [5] 汤加富,侯明金,高天山,等. 宿松群、红安群、海州群的时代归属与讨论[J]. 地质通报, 2002, 21(3):166~171.  
Tang Jiafu, Hou Mingjin, Gao Tianshan, et al. Age assignment of the Susong Group, Hong'an Group and Haizhou Group: A discussion [J]. *Geological Bulletin of China*, 2002, 21(3):166~171 (in Chinese with English abstract).
- [6] Sun W, Williams I S, Li S. Carboniferous and Triassic eclogites in the western Dabie Mountains, east-central China: evidence for protracted convergence of the North and South China Blocks [J]. *J. Metamorph. Geol.*, 2002, 20:873~886.
- [7] 凌文黎,高山,张本仁,等. 扬子陆核古元古代晚期构造热事件与扬子克拉通演化[J]. 科学通报, 2000, 45(21):2343~2348.  
Ling Wenli, Gao Shan, Zhang Benren, et al. Late Paleoproterozoic tectonothermal events in the Yangtze continental nucleus and their relevance to the evolution of the Yangtze craton [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2000, 45(21):2343~2348 (in Chinese).
- [8] 李献华,李正祥,周汉文,等. 皖南新元古代花岗岩的 SHRIMP 锆石 U—Pb 年代学、元素地球化学和 Nd 同位素研究[J]. 地质论评, 2002, 48(增刊):8~16.  
Li Xianhua, Li Zhengxiang, Zhou Hanwen, et al. SHRIMP U—Pb zircon geochronological, geochemical and Nd isotopic study of the Neoproterozoic granitoids in southern Anhui [J]. *Geological Review*, 2002, 48(Supp.):8~16 (in Chinese with English abstract).
- [9] 薛怀民,刘敦一,董树文,等. 湖北蕲春花岗岩类的锆石 SHRIMP 年龄: 大别山造山带内弱变质—未变质晋宁期花岗岩类的发现[J]. 地质学报, 2004, 78(1):81~88.  
Xue Huaimin, Liu Dunyi, Dong Shuwen, et al. U—Pb SHRIMP zircon ages of the Qichun granitoids, Hubei Province: discovery of Neoproterozoic weakly metamorphosed—unmetamorphosed granitoids in the Dabie Mountains [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2004, 78(1):81~88 (in Chinese with English abstract).
- [10] Li X H, Li Z X, Ge W, et al. Neoproterozoic granitoids in south China: crustal melting above a mantle plume at ca. 825 Ma [J]. *Precambrian Res.*, 2003, 122:45~83.
- [11] 张树业,周高志,荆延仁. 扬子陆台北缘中段蓝片岩带特征及意义[J]. 长春地质学院学报(变质地质学专辑), 1987, 53~70.  
Zhang Shuye, Zhou Gaozhi, Jing Yanren. The characteristics of blueschist belt on the north margin of the Yangtze platform [J]. *Jour*

- nal of Changchun University of Earth Science (Special Issue of Metamorphic Geology), 1987, 53~70(in Chinese with English abstract).
- [12] 李曙光,刘德良,陈移之,等. 中国中部蓝片岩的形成时代[J]. 地质科学, 1993, 28 (1):21~27.
- Li Shuguang, Liu Deliang, Chen Yizhi, et al. Time of the blueschist belt formation in central China[J]. Scientia Geologica Sinica, 1993, 28(1):21~27 (in Chinese with English abstract).
- [13] Dong S, Oberhänsli R, Schmid R, et al. Occurrence of metastable rocks in deeply subducted continental crust from the Dabie Mountains, central China [J]. Episodes, 2002, 25:84~89.
- [14] Schmid R, Romer R L, Franz L, et al. Basement-cover sequences within the UHP unit of the Dabie Shan [J]. J. Metamorph. Geol., 2003, 21:531~538.
- [15] Ames L, Zhou G, Xiong B. Geochronology and isotopic character of ultrahigh-pressure metamorphism with implications for collision of the Sino-Korean and Yangtze Cratons, central China[J]. Tectonics, 1996, 15:472~489.
- [16] Rowley D B, Xue F, Tucker R D, et al. Ages of ultrahigh pressure metamorphism and protolith orthogneisses from the eastern Dabie Shan:U/Pb zircon geochronology [J]. Earth Planet. Sci. Lett., 1997, 151:191~203.
- [17] Xue F, Rowley D B, Tucker R D, et al. U-Pb zircon ages of granitoid rocks in the North Dabie complex, eastern Dabie Shan, China [J]. J. Geol., 1997, 105:744~753.
- [18] Hacker B R, Ratschbacher L, Webb L E, et al. Zircon ages constrain the architecture of the ultrahigh-pressure Qinling-Dabie orogen, China [J]. Earth Planet. Sci. Lett., 1998, 161:215~230.
- [19] Hacker B R, Ratschbacher L, Webb L E, et al. Exhumation of ultrahigh-pressure continental crust in east central China:Late Triassic-Early Jurassic tectonic unroofing [J]. J. Geophys. Res., 2000, 105:13339~13364.
- [20] Liu X, Jahn B M, Dong S, et al. Neoproterozoic granitoid did not record ultrahigh-pressure metamorphism from the southern Dabieshan of China [J]. J. Geol., 2003, 111:719~732.
- [21] Liu X, Jahn B, M, Liu D, et al. SHRIMP U-Pb zircon dating of a metagabbro and eclogites from western Dabieshan(Hong'an Block), China, and its tectonic implications [J]. Tectonophysics, 2004 (in press).
- [22] 高天山,李惠民,汤加富,等. 大别造山带南缘浅粒岩的锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 中国地质, 2002, 29(3):304~309.
- Gao Tianshan, Li Huimin, Tang Jiafu, et al. Zircon U-Pb ages of leucocleptite on the southern margin of the Dabie Mountains and their geological implications [J]. Geology in China, 2002, 29(3):304~309(in Chinese with English abstract).
- [23] Li Z X, Li X H, Kinny P. D, et al. Geochronology of Neoproterozoic syn-rift magmatism in the Yangtze Craton, South China and correlations with other continents: evidence for a mantle superplume that broke up Rodinia[J]. Precambrian Res., 2003, 122: 85~109.
- [24] 刘晓春. 中国中东部的双高压变质带[J]. 地质论评, 1991, 37 (4): 300~309.
- Liu Xiaochun. The paired high-pressure metamorphic belts in eastern-central China [J]. Geological Review, 1991, 37(4):300~309 (in Chinese with English abstract).

## Timing of the Hong'an Group in Hubei: Constraints from U-Pb dating of metagranitic intrusions

LIU Xiao-chun<sup>1</sup>, DONG Shu-wen<sup>1</sup>, LI San-zhong<sup>2</sup>, XUE Huai-min<sup>3</sup>, LIU Jianmin<sup>1</sup>, QU Wei<sup>1</sup>

(1. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences (CAGS), Beijing 100081, China;

2. College of Marine Geosciences, Ocean University of China, Qingdao 266003, Shandong, china;

3. Institute of Geology, CAGS, Beijing 100026, China)

**Abstract:** The age of the protolith of the Hong'an Group in Hubei has been a controversial issue. Zircon U-Pb dating of different types of granitic intrusions in the Hong'an Group suggests that the Shuangfengjian granite lying unconformably below the Hong'an Group was emplaced at  $813 \pm 6$  Ma, whereas the Gaoge granite was intruded into the Hong'an Group at  $638 \pm 142$  Ma and metamorphosed at high pressure at  $229 \pm 22$  Ma. On that basis, combined with a number of Neoproterozoic age data obtained from the Yangtze craton and the Dabie orogen, it is believed that the ages of the sedimentary sequences in the metamorphic complex of the Hong'an Group, which are the product of the break-up of the Yangtze craton in the Neoproterozoic, should be limited in the range of c. 825~630 Ma. These sequences underwent low-temperature and high-pressure blueschist to eclogite facies metamorphism during the Indosinian (c. 230 Ma) collision between the North China and Yangtze cratons.

**Key words:** U-Pb dating; metagranitic intrusion; Neoproterozoic; Hong'an Group; Hubei

**About the first author:** LIU Xiao-chun, male, born in 1962, doctor and senior researcher, engages in the study of metamorphic geology; E-mail: liuxchqw@yahoo.com.cn.