

藏东三江构造带云南段 α 石英热活化ESR定年与新生代构造事件

钟康惠^{1,2}, 梁兴中², 刘肇昌², 舒良树¹, 李凡友², 施央申¹, 唐菊兴²

(1. 南京大学地球科学系, 江苏 南京 210093; 2. 成都理工大学地球科学学院, 四川 成都 610059)

摘要: 运用 α 石英热活化ESR定年法(HAESRDQ)对三江构造带云南段49件样品定年结果的分析发现, 该方法所获测年数据与地质事实及其他测年方法定年结果吻合, 表明是一种普遍适用于中—新生代地质事件定年的方法。同时, 证实三江构造带云南段是新生代陆内褶皱造山带, 大量具“层控”特征的有色贵金属矿床的成矿时代也是新生代。

关键词: α 石英热活化ESR定年法(HAESRDQ); 中—新生代地质事件定年; 三江构造带云南段

中图分类号: P533; P546

文献标识码: A

文章编号: 1671-2552(2004)12-1231-07

区域性构造事件的准确定年是地质界关注的焦点。作为世界地质实验场的青藏高原的地质事件定年问题尤其引人注目。ESR(Electron Spin Resonance, 即电子自旋共振, 或 Electron Paramagnetic Resonance, EPR, 称顺磁共振)是未成对电子自旋产生的磁矩所引起的共振吸收^[1,2]。矿物晶格中的缺陷或空穴(洞)俘获1个电子就会产生ESR现象。天然形成的矿物受到环境中放射性元素衰变产生的射线辐照会使晶格产生放射性缺陷(顺磁中心); 缺陷数目可通过ESR信号强度反映, 与接受辐照的年吸收剂量和辐照时间成正比。通过测定样品年吸收剂量和ESR信号强度反推样品年龄即ESR定年法。ESR定年法自20世纪60年代问世以来就有相对独立的2支。一是在对 α 石英内部缺陷类型、成因机理、特点的精细研究后^[3-5], 根据达尼列维奇等^[3]的“放射缺陷法”学术思想建立起来的, 测程2~200 Ma, 主要在前苏联范围内用于矿床年代研究。该方法由梁兴中引入中国并进行研究和拓展^[6-9], 作者称之为 α 石英热活化ESR定年法(Heat-activated ESR dating of α quartz, HAESRDQ)。另一支即广泛见于文献的附加剂量ESR定年法^[10,11], 测定对象包括石英、燧石、碳酸盐矿物等。由于受辐照饱和效应^[12]限制, 测程为0~2 Ma, 主要用于第四纪地质、海洋地质、活构造及考古研究^[12-23]。

近10年来, 作者在青藏高原东部三江地区构造与成矿研究中, 运用 α 石英热活化ESR定年法, 获得大量与地质事实及其他定年法测定结果吻合良好的变形和成矿年龄数据, 证实以印度—欧亚板块俯冲碰撞为标志的新生代喜马拉雅构造事件对三

江地区的影响十分广泛和深刻, 取得了肯定性成果。

1 α 石英热活化ESR(HAESRDQ)定年法

1.1 测定对象及其缺陷特性

本方法测定的对象是同构造、同变质、同成矿、同沉积的 α 石英(脉体、团块、碎屑)。 α 石英存在的温度范围为0~573℃^[24], 以60℃/km的高热异常地温梯度计, 将存在于地下10 km范围内, 因此, 具有在地壳表层普遍存在的特点。天然 α 石英的晶格包括放射性和非放射性2类缺陷^[3-5]。放射性缺陷系氧空位, 亦称 E_1 心。 E_1 心依其捕获电子的数量(0个、1个、2个)分为 E_1^0 、 E_1' 、 E_1'' 3种心^[4,5]。只有 E_1' 心具有顺磁性^[3-5]。

1.2 基础理论

本方法基于以下实验(践)和理论研究得出的基础理论: ① α 石英放射性成因 E_1' 心在ESR波谱上清晰可辨, 为严格对应于 $g=2.0004\pm0.0002$ 的谱线^[3]。② E_1^0 、 E_1'' 心可以全部热活化为 E_1' 心, 从而可利用ESR求得全部 E_1 心的浓度 C_{E_1} ^[3]。③ C_{E_1} 与辐照年剂量和辐照时间(t)呈正相关, 微剂量时, $C_{E_1}=kt$, 即呈线性关系^[3]; 地壳环境均满足微剂量条件^[3]。④ E_1' 心的产生和累积自 α 石英形成时即开始^[3-5]。⑤ E_1 心的生存与静压力增减无关^[7,8], 与温度(T)和搬运磨损有一定关系: 当 $T\geq 300^\circ\text{C}$ 时, E_1 心开始死亡并逐渐明显, $T=408^\circ\text{C}$ 时, E_1 心全部死亡(即归零)^[7,8]; 搬运磨损也将造成 E_1 心的部分损失^[9]。⑥断裂剪切时, 剪切面温度可达425℃^[7,8], 可致绿片岩相(400~600℃)变质; 岩浆侵入引起的接触蚀变温度为300~800℃。这些地质

收稿日期: 2003-07-28; 修订日期: 2004-07-02

基金项目: 国家“973”2002CB412607项目、国家计委96-914-01-03项目和原中国有色总公司地质总局97-S-1项目资助。

作者简介: 钟康惠(1964-), 男, 副教授, 在读博士, 从事构造、成矿及地质年代学研究。E-mail: zhongkh1964@163.com

事件既可形成 α 石英,也可使先成 α 石英 E_1 心归零,重新启动计时器。⑦地质事件,尤其构造-岩浆-热液事件,在区域尺度上,可能是透入性的,但在较小尺度上是非透入性的,而岩石是热的极不良导体,使得不同地质事件的年代信息,在同一地区或构造单元内,可以通过 α 石英这一载体得以保存。⑧实验证明,多次地质事件非归零叠加,将使ESR谱线特征模糊,无法计算年龄。

1.3 样品采制、处理和定年测试

采集新鲜、地质意义明确的样品(α 石英脉、团块或干净的碎屑,需有部分围岩),破碎至合适的粒度,去杂(去掉非目标矿物)、除磁(除去强磁性物质)以消除其他矿物和异源(非 α)石英、强磁性物质的干扰,最后将试样与标准样分别热活化。

分别测定待测样品和标准样品(K-Ar年龄85 Ma的西藏某地火山岩之石英, C_{E_1} 由金刚石标准标定)的平衡铀摩尔值 Q_x 和 Q_s (中子活化法或/和饱和层总 α 计数法^[9,10])、质量 M_x 和 M_s 、相同放大倍数下在JES-FEIXG波谱仪上测得的热活化ESR波谱振幅值 H_x 和 H_s 。设标准样年龄(已知)为 t_s ,则待测样品年龄 t_x 为:

$$t_x=t_s(Q_x/Q_s)(M_s/M_x)(H_s/H_x)$$

1.4 测程和误差及其与人工附加剂量ESR定年法对比

人工附加剂量ESR定年法,测程为0~2 Ma,误差为5%~30%,一般为20%左右^[25,26]。

α 石英热活化ESR定年法的测程主要受控于 E_1 心的寿命。 E_1 心的平均寿命大于2700 Ma,达尼列维奇等^[9]认为“放射缺陷法”的测程为2~2000 Ma,笔者研究后认为 α 石英热活化ESR定年法的测程至少为2~200 Ma。

一个方法的误差主要取决于可能产生误差的环节。达尼列维奇等^[9]通过研究前苏联207件已知年龄的铀矿化样品,认为“放射缺陷法”定年的主要误差源是 E_1 心浓度的测定,因使用仪器不同,误差范围为2%~5%。笔者研究发现, α 石英热活化ESR定年法的误差源有:①ESR波谱振幅测量;②Th/U比变化;③封闭状态的U、Th衰变。它们对误差的贡献分别为小于/等于约1.70%、小于/等于约4.10%、小于/等于约2.50%,最大叠和误差为约8.3%,考虑到其他可能的误差,最大误差应小于约10%。

2 三江构造带云南段的HAESRDQ定年

2.1 样品及其分布

共采49件ESR样品,可分5类:含矿石英(脉或团块)、顺层剪切带石英脉、脆性断裂石英脉、韧脆性剪切带石英糜棱岩、第三纪或白垩纪长英砂岩之石英砂粒或砾屑。它们应分别反映成矿(矿化)、顺层剪切、断裂活动、韧-脆性剪切断裂活动、沉积碎屑的时代。这些样品包括盐源-丽江构造带9件、江达-维西构造带5件、临沧构造带1件、保山构造带4件、昌宁-孟连构造带2件、兰坪-思茅构造带28件,基本涵盖了三江云南段的主要构造单元(图1),具有较好的代表性。

2.2 定年结果

对所采样品进行 α 石英热活化ESR定年测试,所得辐射响应ESR波谱图(图2) E_1 心谱线特征分明,均适于计算年龄,所得年龄结果列于表1。

3 讨论

3.1 HAESRDQ定年结果与已知地质事件一致

三江云南段的测年结果在许多地方与公认的地质事件吻合。以兰坪-思茅构造带为例,28件样品中,5件(81~129 Ma)为沉积碎屑参考年龄,均略早于地层年代,与沉积岩晚于碎屑形成的事实一致;其余23件均反映变形、成矿或变形-成矿年龄(表2),变化范围为79.7~8.2 Ma,除民乐三叠系中的P12号样(79.7 Ma)反映晚燕山期热活动所致的矿化外,22件样品均集中在42.0~8.2 Ma的晚始新世至中中新世时段内,且自然群聚成极为4.8~10.2 Ma的3组,其平均值分别对应于中始新世末、渐新世末—早中新世、中—晚中新世。

兰坪-思茅构造带在中生代—早新生代处于陆内裂谷环境,三叠纪—中始新世的地层之间为整合或假整合接触,晚始新世—渐新世的老君山组/宝相寺组/勐腊组同造山磨拉石建造区域性不整合盖于前中始新世地层之上,褶皱造山时代被公认为中、晚始新世之间,并鉴于磨拉石建造、下中新统三号沟组湖沼相沉积、中—上上新统福乐组湖沼相沉积三者

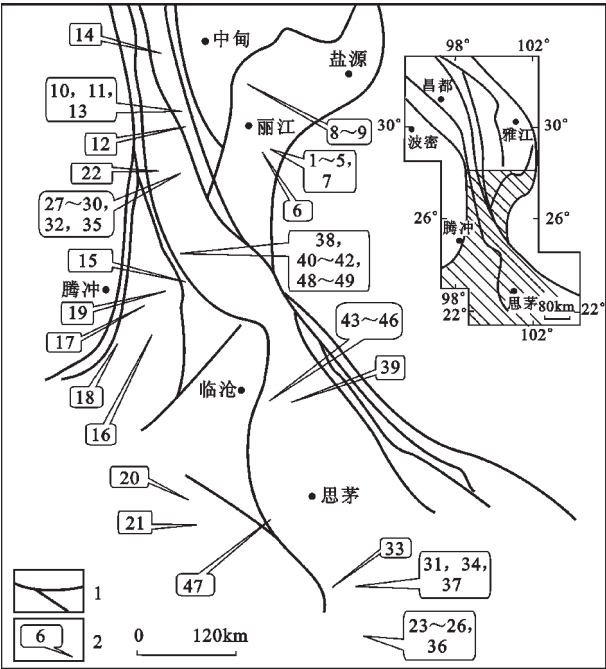


图1 三江构造带云南段HAESRDQ样品分布示意图
Fig.1 Diagram showing the distribution of HAESRDQ samples from the Yunnan segment of the Sanjiang tectonic zone
1—区划性断裂;2—ESR样品序号及采样位置

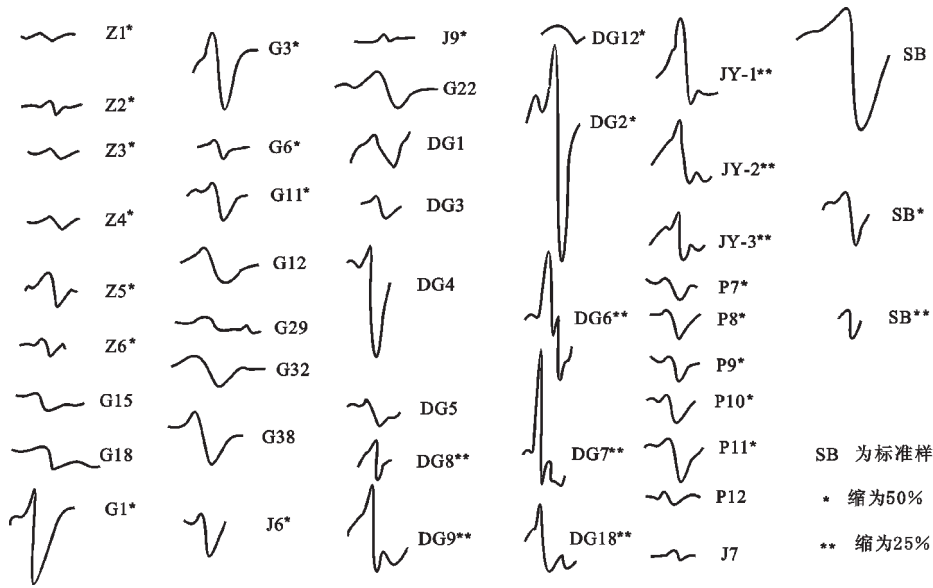


图2 三江构造带云南段主要定年样品辐射响应ESR谱图

Fig.2 Radiometric response spectrogram of main HAESRDQ samples from the Yunnan segment of the Sanjiang tectonic zone

之间的不整合关系，一般认为兰坪-思茅构造带的褶皱造山具有强度不一的多幕次特征，分别为中—晚始新世间的Ⅰ幕、渐—中新世间的Ⅱ幕、中—上新世间的Ⅲ幕。这与笔者的定年结果(表2)完全吻合，而且定年结果提供了更为丰富的信息，例如，表明燕山晚期曾有过热活动并伴有矿化、在褶皱造山过程中伴随成矿作用等。

3.2 HAESRDQ定年结果与其他方法定年结果吻合

以盐源-丽江构造带为例，Lacassin等^[27]采用内部Rb-Sr法和Ar-Ar法对该带西部的玉龙-哈巴雪山地区的泥盆系变形进行定年，获得古生代盖层大规模顺层剪切变形时代为(35.9±0.3)Ma(Rb-Sr)、玉龙-哈巴雪山复背斜强烈隆升时代为(17±3.5)Ma(Ar-Ar)。笔者在玉龙-哈巴雪山和永胜团街地区对变形和成矿时代的ESR定年结果(表3)与Lacassin的Rb-Sr、Ar-Ar法定年完全一致，不仅说明ESR定年可信，而且证实，晚三叠世末以后整体隆升的盐源-丽江构造带不是印支褶皱造山带，而是早新生代陆内褶皱造山带。

保山构造带具有与盐源-丽江构造带相似的构造特征。那里的寒武系至下白垩统稳定型海相和陆相碎屑岩-碳酸盐岩盖层序列中，地层间均为整合或假整合接触，区域性角度不整合发生在始—渐新统珠山组、木瓜河组^①磨拉石建造与下伏地层之间。这一不整合应发生在晚白垩世—中始新世之间，通常被解释为燕山运动的产物。笔者在昌宁附近的珠山组底部砾岩中获得与毗邻的柯街花岗岩(50.4 Ma)、新街花岗岩(46 Ma)年龄接近的砾屑脉石英41.8 Ma的ESR年龄，表明

区域性褶皱造山不整合应发生于中、晚始新世之间，相当于中始新世末。此外，在施甸东山三叠系、保山沙河厂寒武系中，还获得31.6 Ma和43.2 Ma的ESR变形-成矿年龄。这些都证实，保山构造带在晚白垩世整体隆升成陆后，强烈褶皱造山发生于中、晚始新世之交的喜马拉雅运动Ⅰ幕，属早新生代陆内褶皱造山带。

3.3 HAESRDQ是一种普遍适用于中—新生代地质事件定年的方法

地质事件定年是历史地、辩证地分析地质现实的重要手段。合理的地质定年必须选用合适的方法，利用反映具体地质事件的地质作用的产物，测定其中未受到本质改变的对象，藉此计算该产物的形成年龄，进而联系相关地质事实，合理推断地质事件发生的年代。

地质事件定年方法很多^[28-35]，但具体运用时都受到一定限制。生物年代学方法需存在卷入(未卷入)事件的最老(最新)的生物化石；Ar-Ar等同位素年代学方法受到事件产物或卷入的目标矿物是否存在的限制；传统的裂变径迹(FT)受到目标矿物是否为事件产物或是否受到事件改造而完全退火的制约；现代裂变径迹技术能利用未完全退火的目标矿物进行热演化重塑，但因完全退火温度低(160℃以下)^[36]，当一个地方存在多期较高温度的热事件作用时，也受到很大限制，同时测试费用高昂使不少人望而却步；热释光(TL)、碳酸盐铀系、附加剂量ESR等方法则因测程所限，不能用于非新构造事件的定年。因此，不同定年方法适用条件不同，普适性越强

① 木瓜河组曾被视为古新统，云南省地质矿产局(1995)编制的《云南省岩相古地理图集》将其改为始—渐新统，与珠山组、勐腊组、丽江组等对比。

表1 三江构造带云南段HAESRDQ定年结果

Table 1 Dating results of main HAESRDQ samples from the Yunnan segment of the Sanjiang tectonic zone

序号	实验号	构造带	采样地点地质概况	α石英类型	年龄(Ma)	年龄地质意义
1	Z1	盐源， 丽江带	永胜宝坪北采场顶滑剥离断层带(F ₈)	同断裂脉	19.3	表层剥离构造年龄
2	Z2		永胜宝坪选厂沟4号矿体(上二叠统黑泥哨组)	含矿脉	27.1	变形成矿年龄
3	Z3		永胜宝坪宝西背斜近轴部断裂带(F ₆)	同断裂脉	28.7	断裂变形年龄
4	Z4		永胜宝坪南山东南陡口F ₃ 断裂带	同断裂脉	31.7	断裂变形年龄
5	Z5		永胜宝坪2650m矿洞上二叠统黑泥哨组玄武岩中含铜石英脉	含矿脉	87.2	构造-成矿年龄
6	Z6		永胜金安2 [#] 坑口上二叠统黑泥哨组顺层剪切带含铜石英脉	含矿脉	36.2	顺层剪切-成矿年龄
7	P16		永胜宝坪ZK1402孔126m上二叠统黑泥哨组中含铜石英脉	含矿脉	57.0	变形-成矿年龄
8	G15		中甸虎跳峡永胜村泥盆系石英脉型黑钨矿石	含矿脉	13.7	成矿年龄
9	G18		中甸麻花坪泥盆系石英脉型钨矿石	含矿脉	21.5	成矿年龄
10	G1	江达， 维西带	维西阿里哈军上三叠统石钟山组顺层剪切带石英脉	同构造脉	110.0	变形年龄
11	G3		维西大白崖三叠系左行剥离断裂剪切带	同构造脉	161.6	变形年龄
12	G6		维西庆福中三叠统上兰组顺层剪切带石英脉	同构造脉	22.0	变形年龄
13	G11		维西大宝山雪山山群中含铜石英脉	含铜脉	75.6	变形成矿年龄
14	G12		中甸拖顶石炭系一二叠系顺层剪切带石英脉	同构造脉	30.2	顺层剪切变形年龄
15	G29	临沧带	永保桥西320线3314km崇山群中右行剪切石英脉	同构造脉	17.4	剪切变形年龄
16	G32	保山带	施甸东山三叠系中含铅锌石英脉	含矿脉	31.6	成矿年龄
17	G38		保山沙河厂寒武系含铜砂卡岩	含矿石英	43.2	成矿年龄
18	J2		龙陵杨梅田铜矿含铜石英脉	含矿脉	15.9	成矿年龄
19	J6		保山—昌宁公路123km始—渐新统保山组底部砾岩中脉石英碎屑	沉积砾屑	41.8	砾屑年龄
20	J5	昌宁- 孟连带	澜沧—西盟公路57km公养河群顺层剪切石英脉	同构造脉	35.8	顺层剪切变形年龄
21	J9		澜沧—西盟公路18.7km下石炭统顺层剪切石英脉	同构造脉	6.2	顺层剪切变形年龄
22	G22	兰坪， 思茅带	兰坪金满休罗系中含铜石英脉	含矿脉	23.4	成矿年龄
23	DG1		勐腊新民寨始—渐新统人弯组含矿断裂带中含铜石英脉	同断裂矿脉	11.0	断裂-成矿年龄
24	DG2		勐腊尚勇上白垩统曼宽河组细砂岩	沉积砂粒	129.0	碎屑年龄
25	DG3		勐腊南坡铜矿上白垩统曼宽河组断裂带中角砾岩型矿石	同构造矿脉	10.0	断裂-成矿年龄
26	DG4		勐腊茅草山矿点上白垩统曼宽河组纹层状含铜石英脉型矿石	含矿脉	38.0	成矿年龄
27	DG5		兰坪金顶古新世云龙组角砾状铅锌矿石	含矿石英	22.0	成矿年龄
28	DG6		兰坪金顶古新世云龙组团块状铅锌矿之围岩团块	沉积砂粒	124.0	碎屑年龄
29	DG7		兰坪金顶2072中段铅锌矿古新世云龙组围岩	沉积砂粒	81.0	碎屑年龄
30	DG8		兰坪金顶北厂古新世云龙组纹层状矿石之砂纹层	沉积砂粒	126.0	碎屑年龄
31	DG9		勐腊龙巴河矿点下侏上三叠统良子寨组含铜石英脉	含矿脉	32.0	成矿年龄
32	DG11		兰坪金顶有色公司矿场古新世云龙组之晚期矿脉	含矿脉	13.0	成矿年龄
33	DG12		勐腊新山三叠系中石英脉型铅锌矿矿石	含矿脉	19.0	成矿年龄
34	DG13		勐腊龙巴河矿点上侏白垩系石英-长石砂岩	沉积砂粒	120.0	碎屑年龄
35	JY-1		兰坪金顶北厂古新世云龙组之细脉充填纹层状PbZn矿脉	含矿脉	35.6	成矿年龄
36	JY-2		勐腊尚勇4号矿点上白垩统纹层状矿石之含铜石英(脉)	同成矿石英基	38.4	成矿年龄
37	JY-3		勐腊龙巴河矿点上侏下三叠统良子寨组之含铜石英脉	含矿脉	12.4	成矿年龄
38	P7		云龙功果播乐湾下白垩统南星组之含金石英脉	含矿脉	42.0	变形成矿年龄
39	P8		景谷登海山中始新统等黑组中含铜石英脉	含矿脉	16.0	成矿年龄
40	P9		云龙功果贡山下白垩统南星组之含金石英脉	含矿脉	16.0	变形-成矿年龄
41	P10		云龙功果小干箐下白垩统南星组之块状含金石英脉	含矿脉	10.4	变形-成矿年龄
42	P11		云龙功果小干箐下白垩统南星组含金石英糜棱岩	构造改造脉	9.2	变形-成矿年龄
43	P12		景谷民乐中—上三叠统(ZK302孔163m处)中含铜石英脉	含矿脉	79.7	成矿年龄
44	P13		景谷民乐ZK205孔192m处中—上三叠统之含铜石英脉	含矿脉	21.6	成矿年龄
45	P14		景谷民乐二厂侏罗系砂岩铜矿	含矿脉	36.8	变形-成矿年龄
46	P15		景谷民乐一厂侏罗系砂岩铜矿	含矿脉	8.2	变形-成矿年龄
47	J7		思茅—澜沧公路117.5km二叠系之左行剪切石英脉	同构造脉	26.2	剪切变形年龄
48			云龙功果花鱼洞白垩系中顺层剪切石英脉	同构造脉	9.0	变形年龄
49			云龙功果毛谷厂白垩系中顺层剪切石英脉	同构造脉	11.1	变形年龄

表2 兰坪-思茅构造带变形-成矿HAESRDQ定年结果与地质事件对比

Table 2 Correlation of geological events with HAESRDQ results for deformation-metallogenesi s in the Lanping-Simao tectonic zone

年龄属性	早期热活动矿化年龄	变形-(成矿)年龄		
		一 组	二 组	三 组
数据组构成 (Ma)	79.7	42.0, 38.4, 38.0, 36.8, 35.6, 32.0	26.2, 23.4, 22.0, 21.6, 19.0, 16.0, 16.0	13.0, 12.4, 11.1, 11.0, 10.4, 10.0, 9.2, 9.0, 8.2
极差 (Ma)	——	10.0	10.2	4.8
平均值 (Ma)	79.7	37.1	20.6	10.5
频数 (%)		27	32	41
对应地质事件	E ₁ /K 假整合, 燕山晚期构造热活动	E ₂ ³ —E ₃ /E ₂ 不整合, 喜马拉雅期 I 幕造山	N ₁ /E ₃ 不整合, 喜马拉雅期 II 幕造山	N ₂ /N ₁ 不整合, 喜马拉雅期 III幕造山后隆起

表3 盐源-丽江构造带HAESRDQ定年与其他方法定年结果比较

Table 3 Comparison between the HAESRDQ results with dating results obtained by other methods in the Yanyuan-Lijiang tectonic zone

研究者及方法	Lacassin		本 文		
	钾长石Ar-Ar	金云母内部Rb-Sr	ESR	单阶段铅	ESR
样品采集地	玉龙-哈巴雪山	玉龙-哈巴雪山	玉龙-哈巴雪山	玉龙-哈巴雪山	永胜团结街
早期构造热活动矿化	77Ma±				87Ma
区域热变质成矿	48~51Ma			46.1Ma	57Ma
大规模韧性顺层剪切成矿		35.9Ma±0.3Ma			36.2Ma, 31.7Ma, 28.7Ma, 27.1Ma 平均 30.9Ma
强烈升降与浅表褶皱成矿	17Ma±3.5Ma		13.7Ma, 21.5Ma 平均 17.6Ma	19.7Ma	19.3Ma

的方法越能得到广泛应用。

有位先贤说过,没有坏的数据,只有坏的解释。对于具体的研究对象而言,凡适用条件得以满足的方法都是可用的,所得数据不存在优劣之分,只要历史地、辩证地加以分析,就能得出合乎客观实际的结论。当多种方法均适用时,值得优先选用的方法应具有如下特征:①方法原理科学;②测定结果可信;③分析对象普遍存在;④检测周期较短;⑤测试费用不高。

前已述及,HAESRDQ定年法,原理是科学的,理论和实践都证明其结果是可信的和有意义的;测定对象 α 石英是所有构造-岩浆-热液事件都可以形成的,具有遍在性; α 石英中E₁心开始死亡温度高达300℃,具有较强的抗后期热扰动能力;地质事件在较小尺度内的非透入性和岩石的极不良导热性,使得通过同一地区不同地质事件所形成的 α 石英获取不同地质事件的年代信息成为可能;地质事件的非归零叠加将使ESR谱线特征模糊,使其具有一定的“自检”能力;不超过2个月的检测周期,显示出快速特征;不超过500元/件的分析费用,也是一般研究者易于接受的;2~200 Ma的可靠测程,表明其可用于解决中-新生代的地质事件定年问题。综上所述,HAESRDQ是研究中-新生代地质事件年代学的一种普遍适用的方法。

4 结 论

(1) α 石英热活化ESR定年法(HAESRDQ)原理科学,测

定对象遍在,具一定的“自检”能力,检测周期短,费用低廉,可靠测程2~200 Ma,误差小于10%,定年结果与地质事实、其他先进定年方法获得的年龄结果基本吻合,因而是有效可靠的。大批量采样测年还能提供更丰富的信息,是一种普遍适用的中-新生代地质事件定年方法。

(2)以印度-欧亚板块早新生代的碰撞缝合为标志的板块构造事件对欧亚板块内部的影响广泛而深刻,不仅使晚三叠世—中始新世的昌都-思茅陆内裂谷封闭转变为褶皱造山带,而且使印支期、燕山期整体隆升的盐源-丽江带和保山带发生广泛的盖层褶皱造山,印支期及其以前形成的哀牢山带、临沧带也继续强烈变形,形成几乎包括整个滇西地区的范围辽阔的早新生代陆内褶皱造山带。

(3)强烈的喜马拉雅期陆内褶皱造山作用,伴有广泛的成矿热液活动,许多“层控”的铜、铅、锌、钨、铍、金矿床,其成矿时代均明显晚于赋矿围岩,具有“新人住旧房”特点,值得今后找矿勘探重视。

致谢:研究工作得到原中国有色金属总公司三江指挥部、西南有色金属地质局、成都地质干部学院、306队、317队、楚雄矿勘院等单位及潘龙驹教授、陈名全总工程师的帮助和指导,论文撰写过程中,王成善、王良书、蒋少涌、孙岩、张庆龙教授等提供宝贵建议,在此一并致以衷心的感谢。

参考文献:

- [1]Gorter C J. Paramagnetic relaxation in a transversal magnetic field [J]. Physica, 1936, 3: 1006~1008.
- [2]Gorter C J, Kronig R De L. On the theory of absorption and dispersion in paramagnetic and dielectric media[J]. Physica, 1936, 3: 1009~1020.
- [3]Данилевич А М, Кириков А Д, ПАвшуков В В. Метод радиационных дефектов [М]. Методические рекомендации и министерство Геологии СССР, 1982.10~21.
- [4]Моисеев Б М. Природные радиационные процессы в минералах [М]. Недра, 1985.80~105.
- [5]Новиков Г Ф. Радиометрическая разведка [М]. Недра, 1989.287~299.
- [6]Liang X Z. Study on resetting for E_i' center dating of alpha-quartz [J]. Engineering Index, 1993.
- [7]梁兴中, 钟康惠, 高钧成. 断裂成矿年龄的核测年研究 [A]. 见: 四川省国土资源部地质核技术重点实验室年报 [R]. 成都: 成都科技大学出版社, 1998.57~60.
- [8]梁兴中, 高钧成. 断裂成矿年龄的 α 石英 ESR 研究 [J]. 矿物岩石, 1999, 19(2): 69~71.
- [9]梁兴中. α 石英 ESR 测定年代 [A]. 见: 王维达主编. 中国热释光与电子自旋共振测定年代研究 [C]. 北京: 中国计量出版社, 1997.385~412.
- [10]金嗣炤. 电子自旋共振测定年代 [A]. 见: 王维达主编. 中国热释光与电子自旋共振测定年代研究 [C]. 北京: 中国计量出版社, 1997.28~57.
- [11]金嗣炤. 地质样品的电子自旋共振测定年代 [A]. 见: 王维达主编. 中国热释光与电子自旋共振测定年代研究 [C]. 北京: 中国计量出版社, 1997.93~113.
- [12]Shin T, Pierre V, Chrislothe F, et al. Bleaching of ESR signals by the sunlight: a laboratory experiment for establishing the ESR dating of sediments [J]. Appl. Radiat. Isot., 2000, 52: 1357~1362.
- [13]Kailath A J, Rao T K G, Dhir R P, et al. Electron spin resonance characterization of calcretes from Thar desert for dating applications [J]. Radiation Measurements, 2000, 32: 371~383.
- [14]Ryuta H, Kazuhiro T, Toshikatsu M. A new ESR signal (R signal) in quartz grains taken from Fault Gouges: its properties and significance for ESR fault dating [J]. Appl. Radiat. Isot., 1997, 48(3): 423~429.
- [15]Clemens W, Augusto M, Günther A W. ESR dating of xenolithic quartz in volcanic rocks [J]. Quaternary Sci. Rev., 2001, 20: 993~998.
- [16]Wild M J, Tabner B J, Macdonald R. ESR dating of quartz phenocrysts in some rhyolitic extrusive rocks using Al and Ti impurity centres [J]. Quaternary Sci. Rev., 1999, 18(13): 1507~1514.
- [17]Rink W J. Electron spin resonance (ESR) dating and ESR application in quaternary science and archaeometry [J]. Radiation Measurements, 1997, 27(5~6): 975~1025.
- [18]Hataya R, Tanak K, Saito Y. Applicability of electron spin resonance (ESR) and thermoluminescence (TL) dating methods using quartz grains for marine terrace sediments [J]. Oceanographic Literature Reviews, 1998, 45(1): 62.
- [19]Ulusoy Ü. ESR dating of a quartz single crystal from the Menderes Massif in Turkey [J]. Appl. Radiat. Isot., 2000, 52(5): 1363~1370.
- [20]Henning G J, Grün R. ESR dating in quaternary science [J]. Quaternary Sci. Rev., 1983, 2: 157~238.
- [21]彭子成, 李平, 梁任又, 等. 深海岩心有孔虫壳 ESR 测年研究 [J]. 核技术, 1995, 18(8): 485~490.
- [22]黄培华, 郑丽珍, 全裕才, 等. 和县猿人及其动物群年代测定的初步研究 [J]. 核技术, 1995, 18(8): 491~494.
- [23]彭子成. 电子自旋共振测定年代误差 [A]. 见: 王维达主编. 中国热释光与电子自旋共振测定年代研究 [C]. 北京: 中国计量出版社, 1997.205~218.
- [23]陈以健, 刘桂芬, 高钧成, 等. 洛川黄土剖面钙结核的 ESR 测年 [J]. 核技术, 1993, 16(4): 204~207.
- [24]南京大学地质学系岩矿教研室. 结晶学与矿物学 [M]. 北京: 地质出版社, 1978.339~345.
- [25]Grün R. Electron spin resonance (ESR) dating [J]. Quaternary Int., 1989, 1: 65~109.
- [26]彭子成, 袁万春, 李平, 等. ESR 模式年龄误差的初步探讨 [J]. 核技术, 1993, 16(4): 200~203.
- [27]Lacassin R, Schärer U, Leloup P H, et al. Tertiary deformation and metamorphism SE of Tibet: The folded Tiger-leap décollement of NW Yunnan, China [J]. Tectonics, 1996, 15(3): 605~622.
- [28]刘行松, 胥怀济. 应用同位素测年法综合研究断层新活动 [J]. 地震地质译丛, 1991, 13(3): 57~60.
- [29]陈文寄, 计凤桔, 李齐, 等. 沭沭断裂带断层泥中 K-Ar、FT 和 TL 体系年代学含义的初步研究 [J]. 地震地质, 1988, 10(4): 191~198.
- [30]陈文寄, Marrison T M, Heizler M T, 等. 苏北-胶南构造混杂岩带冷却历史的多重扩散域 ^{40}Ar - ^{39}Ar 热年代学研究 [J]. 岩石学报, 1992, 8(1): 1~17.
- [31]陈文寄, 哈里森 T M, 洛弗拉 O M, 等. 哀牢山-红河剪切带的热年代学研究——多重扩散域模式的应用实例 [J]. 地震地质, 1992, 14(2): 121~128.
- [32]陈文寄, 李齐, 马宗晋. 构造非平稳运动定量研究的 MDD 模式制约 [J]. 地球科学, 1996, 21(3): 277~279.
- [33]杨巍然, 简平. 构造年代学——当今构造研究的一个新学科 [J]. 地质科技情报, 1996, 15(4): 39~43.
- [34]简平, 杨巍然. 造山带构造年代学基本问题——论同位素体系与变质作用的关系 [J]. 地球科学进展, 1998, 13(5): 452~456.
- [35]杨树锋, 陈汉林, 程小敢, 等. 南天山新生代隆升和去顶作用过程 [J]. 南京大学学报 (自然科学版), 2003, 39(1): 1~8.
- [36]周祖翼, Donelick R. 基于磷灰石裂变径迹分析数据的时间-温度多元动力学模拟 [J]. 石油实验地质, 2001, 23(1): 97~102.

Heat-activated ESR dating of α quartz and Cenozoic tectonic events in the Yunnan segment of the Sanjiang tectonic zone, eastern Tibet

ZHONG Kanghui^{1,2}, LIANG Xingzhong², LIU Zhaochang², SHU Liangshu¹,

LI Fanyou², SHI Yangshen¹, TANG Juxing²

(1.Earth Sciences Department, Nanjing University, Nanjing 210093, Jiangsu, China;

2.Institute of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract: By using heat-activated ESR dating of α quartz (HAESRDQ), 49 samples from the Yunnan segment of the Sanjiang tectonic zone were analyzed. The data obtained by this method coincide with those obtained by using other dating methods and geological facts, indicating that this method is a universal dating method for dating Mesozoic to Cenozoic geological events. At the same time, it is confirmed that the Yunnan segment of the Sanjiang tectonic zone is a Cenozoic intra-continental orogenic belt, and Cenozoic is the metallogenetic epoch of large numbers of non-ferrous and noble metal deposits that have stratabound characteristics.

Key words: heat-activated ESR dating of α quartz (HAESRDQ); dating of Mesozoic to Cenozoic geological events; Yunnan segment of the Sanjiang tectonic zone

纪念李春昱院士百年诞辰座谈会在北京召开

中国地质科学院地质研究所于2004年11月26日上午召开座谈会,隆重纪念李春昱院士百年诞辰。来自中国地质调查局、中国地质科学院、北京大学、中国科学院地质与地球物理研究所、中国地质大学(北京)、吉林大学等单位的有关领导、专家学者、李春昱院士的生前同事、学生和家属代表共计50多人出席。座谈会由中国地质科学院地质研究所副所长耿元生研究员主持,地质研究所党委书记兼副所长王洁、中国地质科学院院长张炎英、中国地质调查局副局长王学龙、中国科学院院士刘东生、王鸿祯、肖序常、任纪舜和李廷栋,李春昱院士的家属代表廖复疆和李春昱院士生前同事何国琦教授、唐克东研究员、马文璞教授、葛肖虹教授等共计10余人在座谈会上先后发言,从不同侧面表达了对李春昱院士的敬佩和怀念之情,畅谈了李春昱院士一生对中国地质事业的贡献,以及他热爱祖国、献身地质科学事业的高贵品质和追求真理、不断进取、严谨求是的治学精神。

李春昱院士是中国老一代地质学家的杰出代表之一。他毕生从事中国地质矿产调查和地质科学研究工作,在中国地质队伍建设、地质科学理论研究、基础地质和矿产资源调查、防震减灾等领域都有突出的建树,为我国地质科学的发展和国家的经济建设做出了重大贡献。他1930年代早期在川西的开拓性地质矿产调查、1937年底提前回国投身于抗日战争大后方的地质矿产调查、抗日战争胜利后从事地质队伍重建和区域地质矿产调查工作的深入开展、新中国成立后从事国家区域地质矿产调查技术领导等项工作中,都卓有成效。特别是在南京解放前夕,他采取巧妙的斗争艺术,在各方面的支持下,把当时具有国际先进水平的中央地质调查所完整地交给人民政府,为新中国地质事业的发展奠定了坚实基础。在从事繁重的地质事业领导和管理工作的同时,他一直坚持战斗在地质矿产调查和地质科研工作的第一线。“文化大革命”以前,他在四川省、东北南部、华北地区、康滇地区和浙闽地区区域地质矿产调查、中生代地层、中生代地壳变动、石油和煤炭资源勘查、中国大地构造演化等方面,都取得了重要成果。1972年至1988年,他先后倡导并投身于《亚洲地质图》的编制,主持编制了《亚洲大地构造图》,倡导并指导了中国北方板块构造与成矿作用的研究,同时为中国地质事业培养了8位硕士和1位博士。他以其敏锐的科学洞察力及时认识到板块构造理论的科学性和强大生命力,以超凡的勇气和坚韧的毅力,克服各种困难,把板块构造理论介绍给中国地质界并创造性地应用于中国地质事业之中。

李春昱院士在其毕生地质工作生涯中,时刻注意并强调地质工作要为国家经济建设服务。他的一些相关论著,例如《在经济体制改革时期,地质工作如何面向经济建设》、《团结起来,为实现中国地质事业的现代化而奋斗》等,至今仍然具有重要的现实意义。

与会代表的发言一致认为,李春昱院士是一位地质大师,也是一位杰出的爱国知识分子。他一生中不管遇到何种曲折和磨难,都始终不移地坚持把国家和民族的利益放在第一位,无怨无悔。我们都应该向他学习,完成他的未竟事业,为中国地质事业和地球科学的发展做出新的贡献。

李锦轶 供稿

2004年12月1日