

玲珑花岗岩同位素年代学问题讨论

文子中

(山东省地质矿产局第六地质队)

关于胶西北玲珑花岗岩的成岩时代问题争议已久,各家意见很不一致,诸如太古宙(郭文魁,1949)、中生代(刘国昌,1950)、元古宙(长春地质学院,1962;山东省地质局原807地质队,1965;805地质队,1967)、燕山中期(湖北地质所,1974);在山东省地质图(1:50万)说明书中定为印支期*。

众所周知,规模特大、储量丰富的众多金矿床直接赋存于玲珑花岗岩内,因此对玲珑花岗岩成岩时代的研究对于阐明其成岩作用及与之有密切关系的金矿成矿作用具有重要的理论和实际意义。近来山东省地质矿产局第六地质队综合组李士先、李殿伦和笔者全面蒐集了胶东地区同位素年龄资料,通过系统整理和分析得到的同位素年龄是:K—Ar“真实年龄”众值 152.73m.y. , K—Ar等时线年龄 $150.12 \pm 3.65\text{m.y.}$, Rb—Sr等时线年龄 $156.40 \pm 11.99\text{m.y.}$, U—Pb年龄 155.24m.y. 。因此认为玲珑花岗岩形成于燕山运动早期,即晚侏罗世。

现就资料整理结果和有关地质问题讨论如下。

一、概 述

玲珑花岗岩体规模很大,出露面积达2000余平方公里。玲珑花岗岩体“侵入于太古—元古代胶东群,粉子山群和蓬莱群地层中;部分地段岩体和围岩成渐变关系;……”^{*}。根据其岩性特征可划分为三个带:内带为粗粒块状花岗岩,属岩浆成因;中带为中粒斑杂状、隐片麻状花岗岩;边缘带为细粒片麻状花岗岩。中带和边缘带成岩环境较为复杂。

玲珑花岗岩同位素年龄测试样品共计49个。其中K—Ar年龄样品14个(1965—1980年);Rb—Sr年龄样品33个(1981—1984年);U—Th—Pb年龄样品2个(1980年),测定结果见表1、2和3。采样位置几乎遍及整个岩体的各岩性带,但主要集中分布于招远北部地区(图1)。

年龄数据整理过程中使用的常数均为1976年第二十五届国际地质会议推荐的常数⁽¹⁾。

二、K—Ar年龄数据

所蒐集到的44个K—Ar年龄样品中有三个样品做过两次测定,分别获得两个数据,这

*山东省地质局地质综合研究队,1975,山东省地质图(1:50万)说明书

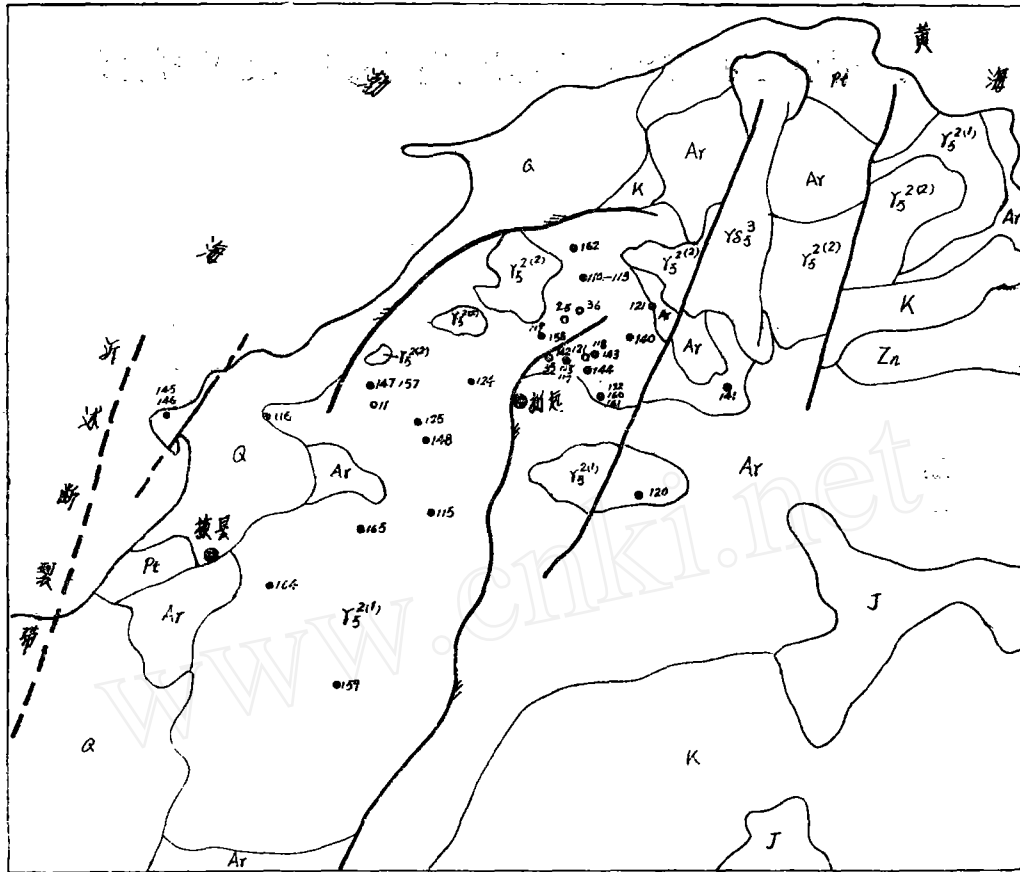


图1 胶东西北部地质略图及部分样品采样位置

1. $\gamma_5^{2(1)}$ 玲珑花岗岩; 2. $\gamma_5^{2(2)}$ 郭家岭花岗闪长岩;
3. \circ K—Ar年龄样品; 4. \bullet Rb—Sr年龄样品

样共有17个K—Ar年龄数据可供使用。由于各样品测试年代相差达15年之久，使用常数不一致。为便于统计分析和比较，一律按推荐的常数重新计算了 Ar^{40}/K^{40} 值和年龄值(表1)。

用K—Ar法测定的玲珑花岗岩的年龄值最小为85.50m.y.，最大为187.41m.y.，集中分布于120—140m.y.间，众值为130.91m.y.(图2)。等时线年龄计算表明玲珑花岗岩曾经发生过K—Ar放射性系统的开放而造成放射性 Ar^{40} 的丢失，丢失量为 0.012177×10^{-6} 克/克。若将丢失量加入测定的数值，可以计算得到玲珑花岗岩的“真实”K—Ar年龄值为108.46—210.08m.y.，集中分布于140—160m.y.间，众值为152.73m.y.(图3)。

将全部17个样品数据绘于图上(图4)可以看出，11、36—1、36—2、35—1、35—2、21和25等号样品具有很好的线性关系，其余样品点较为分散。部分样品点分散的原因有地质

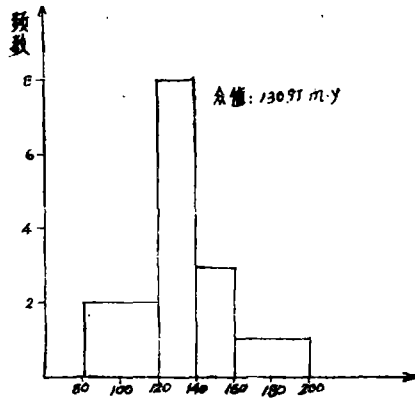


图2 玲珑花岗岩测定K—Ar年龄
频数分布图

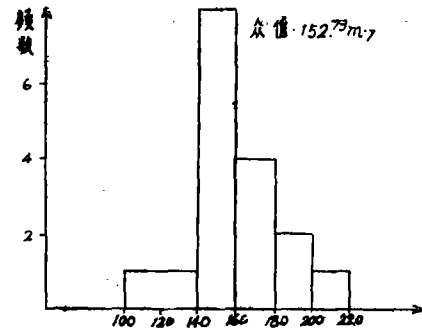


图3 玲珑花岗岩“真实”K—Ar年龄
频数分布图

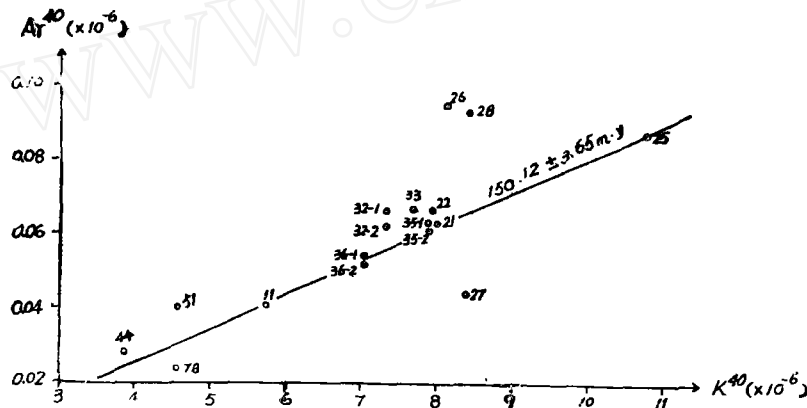


图4 玲珑花岗岩 K—Ar等时线

图4 玲珑花岗岩K—Ar等时线

因素引起的，也有样品加工提取方法引起的。经检查，26号和28号样品黑云母使用重液法提取，其年龄值分别是187.41m.y.和177.34m.y.，比其他年龄值显著偏大，很可能是受到重液影响造成的。44号钾长石和51号黑云母样品测定钾含量分别是3.32%和3.90%，与它们的理论钾含量14%和8.4%相差较大，属不正常样品。78号样品岩性是均质混合岩，不是正常的玲珑花岗岩。27号样品点偏离等时线较大的原因尚不清楚。上述6个样品存在一定问题，不宜参加等时线年龄计算。其余8个样品线性关系尚好，但也有一定分散性。为探索最优等时线，我们按下述三个方案进行试算：（1） $n=7$ ，包括11、36—1、36—2、35—1、35—2、21和25号样品；（2）22和32—2号样品加上方案（1）的全部样品；（3）33、32—1号样品加上方案（2）的全部样品。试算年龄值分别是150.12、148.65和145.29m.y.；相关系数相

应为0.9986、0.9821和0.9461。显然方案(1)最佳,所获得的玲珑花岗岩的等时线较为妥当,并且与依此而得到的“真实”年龄众值非常接近,又有Rb—Sr等时线年龄值和U—Th—Pb年龄值相印证。方案(1)的计算结果详列于后:

$$n = 7, \quad r = 0.998613152, \quad a = -0.012177438, \quad b = 0.009095106, \\ S_b = 0.000212132, \quad t_b = 150.12 \text{ m.y.}, \quad t_{sb} = 3.65, \quad T = 150.12 \pm 3.65 \text{ m.y.}$$

三、Rb—Sr年龄数据

玲珑花岗岩Rb—Sr同位素年龄样品共计33个(表1),均为全岩样品。其中采自岩体内带15个、中带13个、边缘带5个,都是八十年代初期测定的。

Rb—Sr同位素年龄样品测定报告中给出的Rb⁸⁷含量值与Sr⁸⁶含量值之比值应等于原分析报告中给出的Rb⁸⁷/Sr⁸⁶值。在玲珑花岗岩Rb—Sr同位素年龄数据整理过程中曾进行过原始数据的核算工作,发现33个样品数据中有16个样品数据不符合上述关系,有三个样品数据相差较大,列于后。

样品号	原Rb ⁸⁷ /Sr ⁸⁶ 值	核算Rb ⁸⁷ /Sr ⁸⁶ 值	差值
114	0.56739	0.56731	+0.00008
117	1.09850	1.09852	-0.00002
141	0.6462	1.1003	-0.4541

其余多是末位数字相差1。末位数字相差1可能是四舍五入问题,但上列三个数据差值较大的原因难于准确判定。可以做如下的推测:(1)原分析报告中Rb⁸⁷/Sr⁸⁶值是正确的,Rb⁸⁷和Sr⁸⁶值之一有误,或二者皆错;(2)原报告中Rb⁸⁷和Sr⁸⁶值皆正确,Rb⁸⁷/Sr⁸⁶值计算有误。若判定为情况(1),可惜无直接证据;因此只好假定属于情况(2),并依此按四舍五入法校准的Rb⁸⁷/Sr⁸⁶值代替原报告的数值使用。这样处理至少可以保证样品数据内部的一致性。

根据校准后的数据绘制Rb⁸⁷/Sr⁸⁶散点图(图5)。散点图表明,大部分样品点集中在左侧较大的范围内,往右逐渐聚缩到大体为一条直线上。边缘带和中带样品点几乎都分布在左侧,分散程度很高,总体来看无明显的线性趋势;而内带样品点则表现出一定的线性关系。造成这种现象的主要原因可能是各岩性带成岩环境或条件的差异性。大量资料已经证明内带粗粒花岗岩是岩浆冷凝结晶的产物,中粒斑杂状花岗岩尚无充分的岩浆成因证据,边缘带细粒片麻状花岗岩则是同化混染或混合岩化作用的结果。

内带岩浆成因的岩石适于Rb—Sr法年龄测定,因而是样品点呈现线性趋势的重要地质因素。然而问题并非如此简单。图5表明内带的部分样品点仍有一定分散性,这可能是局部地质条件的差异性造成的。对内带各样品点数据作可靠性分析发现:122号样品采自招远北凤山,按其地质位置属内带范围,但其岩性为细粒花岗岩,看来应该是玲珑岩体的补充侵入相—即所谓欧家赤小侵入体期的产物;160和161号样品也采自北凤山,由于这里恰是玲珑花岗岩体与胶东群地层接触带,岩石粒度有所变细,白云母含量大量增加,表明成岩环境温度较低而压力较高,与正常的内带岩石结晶环境有显著差异,同时,围岩的影响也是不容忽视

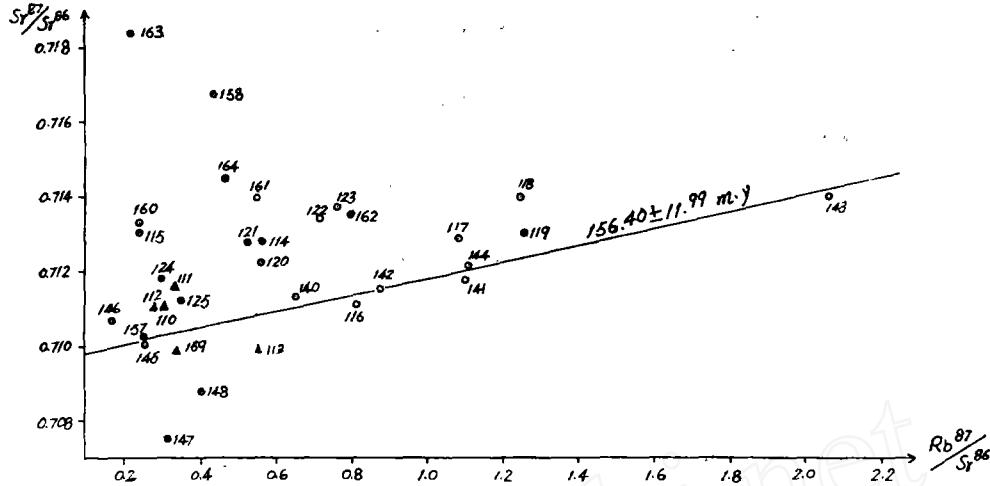


图5 玲珑花岗岩Rb—Sr等时线

○ 粗粒花岗岩; ● 中粒花岗岩; ▲ 细粒花岗岩

的, 117号样品是钾长花岗岩, 采样位置是招远路家河东南沟南, 可能属于岩体内带, 由于该河沟以南随标高的增加岩性急剧变化, 出现斑杂状中粒花岗岩和细粒片麻状花岗岩, 所以该样品确切地质位置尚待进一步查实; 120号样品采自玲珑期花岗岩的一个独立岩体—毕郭岩体; 至于118、123和146号样品点在散点图上分散的原因尚不清楚。其余七个内带样品点具有良好线性关系、落点合理和 Rb^{87}/Sr^{86} 值彼此相差很大而斜率稳定的特点, 用来作玲珑花岗岩的等时线较为妥当。计算结果列于表2。在寻求玲珑花岗岩的Rb—Sr等时线过程中曾抛开地质因素单从回归分析配直线的原则出发, 总共选配了17条直线, 计算结果表明, 相关系数大于0.95的直线有11条, 所代表年龄值为47.30—1442.78m.y., 而集中分布于150—170m.y.之间, 恰是上面所确定的等时线年龄的时限。

基于上述分析, 综合K—Ar和U—Th—Pb年龄资料认为: 我们所确定的玲珑花岗岩的Rb—Sr等时线是较为合理的和可信的。

通过Rb—Sr等时线计算还获得一个具有重要地质意义的数值即 Sr^{87}/Sr^{86} 初始值, 这将在后面加以讨论。

四、U—Th—Pb年龄数据

两个U—Th—Pb同位素年龄样品分别采自玲珑花岗岩的内带和中带。测试对象锆石是从重达两吨多的岩石样品中精选出来的, 同时还选出黑云母做K—Ar年龄测定, 以便相互对比, 测定结果列于表3。

从测定结果来看普通铅含量较高。计算年龄值时普通铅的扣除方法及其数据在测定报告中没有说明。笔者曾用配合U—Th—Pb法同时测定的K—Ar年龄值按单阶段铅演化模式法扣除普通铅后算得年龄值, 与报告给出的年龄值极为吻合。在此基础上进一步用玲珑花岗岩

的Rb—Sr等时线年龄值按同一方法计算的U—Th—Pb年龄值列于表4。

表4 U—Th—Pb 年龄数据对比

样号	类别 年龄值m.y.	206/238		207/235		207/206		208/232	
		报告值	复算值	报告值	复算值	报告值	复算值	报告值	复算值
		179 (中带)	118	117.38	1290	1193.12	5250	5033.81	—
177 (内带)	160	155.24	736	734.36	3750	3550.03	1184	1160.81	

注：复算值是用Rb—Sr等时线年龄值按单阶段铅演化模式法扣除普通铅后算得的。

理论上，从同一个样品获得的四个年龄数值应该彼此相等，但是表4说明不论实验室报告给出的、还是我们重新算得的四个年龄数值彼此并不相等，而且相差颇为悬殊，个别年龄值远远大于地球年龄，这显然是不可能的。范嗣昆等指出〔2〕，凡是四个数据之间相差小于10%者可以认为是理想结果，相差不超过20%者可以认为是基本上满意的数据。据统计，在已发表的资料中约有70%左右很不理想，数据很分散，我们的测定结果显然属于很不理想之列。已有很多资料说明由 Pb^{208}/Th^{232} 获得的年龄结果不佳，因此目前不少文献资料已不采用这一年龄值了。而对于 Pb^{207}/Pb^{208} 年龄值来说，由于选用普通铅同位素组成的不准确性，将会使其按指数定律增大，对小于10亿年的矿物不宜采用这组比值计算年龄〔2〕。从地质环境分析，177号样品采自岩体内带，用 $Pb^{208}-U^{238}$ 这组比值算得的年龄为155.24m.y.，与K—Ar、Rb—Sr等时线年龄十分接近，并且测试单位也推荐使用这组年龄值，所以采用这一年龄值较为妥当。

五、地质意义

1. 国际上使用过的中生代年表有多种，各地质时代的年龄界限虽有出入但是差别不大。其中以最近Armstrong, R.L.与McDowall, W.G.年表更符合新的年代学成果〔3〕（表5）。燕山运动的时限及岩浆活动的分期各家意见很不一致，按山东省地质图（1:50万）说明书划分为两期：早于下白垩统青山组地层的为燕山早期，晚于青山组地层为燕山晚期。玲珑花岗岩成岩年龄是155m.y.左右，当属燕山早期末、晚侏罗世产物。侵入于玲珑花岗岩内的郭家岭花岗闪长岩的同位素年龄是：K—Ar“真实年龄”150.00m.y.、K—Ar等时线年龄 147.81 ± 4.31 m.y.、Rb—Sr等时线年龄 153.62 ± 5.45 m.y.。三组年龄数据均分别略小于相应的玲珑花岗岩年龄值，显然也是燕山早期末、晚侏罗世的产物。这一结论与黄德业等曾经提出的看法是一致的：玲珑花岗岩是燕山运动早期形成的，它与郭家岭花岗岩应属同一构造—岩浆旋回的产物。两者之间只是经过短暂的间歇，它们好象是一对“孪生兄弟”〔4〕。

表5 本文所采用的年表

地质时代		Armstrong R.L. (1974)	构造运动
第三纪			晚期燕山运动
白垩纪	晚白垩世	64m.y.	
	早白垩世	94m.y.	
侏罗纪	晚侏罗世	140m.y.	早期燕山运动
	中侏罗世	162m.y.	
	早侏罗世	179m.y.	
	三叠纪	208m.y.	

山东省地质图(1:50万)说明书认为还有两种可能性,一是玲珑花岗岩的时代属燕山早期,而不是属于印支期或元古宙;另一种可能性是玲珑花岗岩受艾山阶段岩浆侵入的影响,使利用其云母测定的同位素年龄偏低(?)。这一推论是正确的,推测玲珑花岗岩K—Ar年龄值偏低,大概是90m.y.时期热事件造成的。放射性Ar⁴⁰的丢失和郭家岭岩体单矿物Rb—Sr放射性系统的开放及其等时线年龄提供了这一推论的依据。

2. 沂沭断裂带在燕山运动时期发生的强烈左旋平移运动导致热能的积聚和深部地壳物质的熔融,随后的横向扩张运动是地幔物质上涌和侧向流动的结果。^[5]上涌物质与深熔物质合为一体形成的深熔岩浆在其由西向东侧向上侵过程中,在隆起区形成同源的玲珑、郭家岭岩体;而在拗陷区发育了一套巨厚的火山岩系。这种由侵入过渡到喷发的岩浆活动特点早已为Ustiyev(1965)指出:亚洲东部火山岩带的特征是同期花岗质侵入体逐渐过渡到喷发岩,形成紧密联系的喷出一深成岩系列^[6]。

3. 地幔、地壳物质兼容并蓄的玲珑—郭家岭深熔岩浆的存在不仅有上述地质历史背景为依据,还有其同位素地球化学证据。众所周知,花岗岩的Sr⁸⁷/Sr⁸⁶初始比值对判别其来源有着重要的意义,“……低比值(0.703)是由地幔成因的巨大玄武岩浆结晶分异而形成的;高比值(≥0.719)是地壳物质经选择熔融所形成的(再生熔融体所结晶);而中等比值则是两者兼有”^[7]。玲珑岩体、郭家岭岩体的Sr⁸⁷/Sr⁸⁶初始比值分别是0.7095和0.7103,两者几乎相等且恰好是中等比值,这就为它们兼含地幔、地壳物质及其同源性提供了又一证据。

4. 玲珑、郭家岭岩体与胶西北金矿床有着密切的成因联系是地质工作者一致的看法,然而对于这种“联系”的具体认识则分歧很大,根据我们的资料不难得出胶西北金矿是燕山期深熔岩浆期后热液矿床的结论。姚凤良等^[8]在研究招掖地区金矿床的大量铅、硫、氢、氧和碳稳定同位素资料的基础上也提出深熔岩浆期后热液成因的看法。

稳定同位素研究者早已发现胶西北金矿床的 δS^{34} 值自西向东递减的规律,即西部金矿床富重硫、贫轻硫;而东部金矿床恰好相反。笔者曾据此提出金矿成矿溶液自西往东运移的看法。之后,姚凤良等^{〔8〕}又进而发现稳定铅同位素也具有同样的规律性,并结合硫同位素数据得出与笔者一致的看法。前面已经指出,玲珑、郭家岭深熔岩浆在沂沭断裂带横向扩张运动时期由西向东侧向上侵,这就是导源于这种深熔岩浆的金矿成矿热液自西往东运移的重要原因所在。

上述关于岩浆活动、热液成矿作用方式的推论为今后胶西北金矿普查找矿工作方向的确定提供了重要的依据。不过,这已经不是本文所讨论的范围了。

本文承李士先同志审阅,插图由李殿伦同志清绘,谨此致谢。

参 考 文 献

- 〔1〕李俊华等,1978,同位素年龄计算手册。原子能出版社。
- 〔2〕范嗣昆等,1975,同位素地质年龄测定。科学出版社。
- 〔3〕邹祖荣等,1980,吉中地区燕山期岩浆岩年代学问题及中生代年表讨论。长春地质学院报,第4期。
- 〔4〕黄德业等,1978,玲珑花岗岩的生成时代及其与金矿关系的商榷意见。山东地质情报,第4期。
- 〔5〕高维明等,1979,沂沭大陆裂谷的生成与演化。山东地质学会会刊。
- 〔6〕徐步台,1984,浙江省燕山期花岗岩的同位素年代学问题。地球化学,第3期。
- 〔7〕南京大学地质系矿物岩石教研室,1979,火成岩岩石学。地质出版社。
- 〔8〕姚凤良等,1983,招掖地区金矿带的稳定同位素地质及金矿床成因。成矿理论和矿床地质论文集,长春地质学院。

DISCUSSION ON THE ISOTOPIC CHRONOLOGY OF THE LINGLONG GRANITES

Wen Zizhong

(*The Sixth Geological Brigade, Shandong Bureau
of Geology and Mineral Resources*)

Abstract

Many large gold deposits with plenty ore reserves are hosted immediately in the Linglong Granites and, hence, the study of its age is of great interest to clarify the rock-forming process(es) of the Linglong Granites and the related ore-forming process(es).

Through the detailed reduction and analysis of 49 isotopic age measurements of different kinds from the Linglong Granites during 1964—1984, it is suggested that the Linglong Granites were formed in the early Yanshan movement of the late Jurassic. The mode of K-Ar "true age" is 152.73m.y., the ages indicated by the K-Ar isochron are 150.12 ± 3.65 m.y., 156.40 ± 11.99 m.y. and 155.24m.y., respectively.

The Yishu Fault in the west side of the Linglong granites underwent extensive sinistral displacement during the Yanshan movement that resulted in the accumulation of heat and the melting of deep crustal materials; the later transversal tensional movement of the fault was a consequence of upwelling and lateral flowing of the mantle materials. Both the anatexic magma and upwelling mantle materials were mixed with each other and formed the cognate Linglong and Guojialing bodies in the uplifted terrain during its ascending easterly, while a very thick volcanic sequence was developed in the depressions. This assumption is indicated by the initial Sr^{87}/Sr^{86} ratios of the Linglong(0.7095) and Guojialing(0.7103) bodies.

It is generally agreed that the gold deposits in this region are genetically related to the Linglong and Guojialing bodies and that they are the post-magmatic hydrothermal deposits derived from the anatexic magma during the Yanshan movement.