

胶东西北部地区同位素地质年代学研究

余汉茂

(沈阳地质矿产研究所)

一、前言

对于胶东西北部地区的太古代胶东群变质杂岩,前人测得其K-Ar同位素地质年龄值仅有1664Ma^{*};玲珑花岗杂岩体的同位素地质年龄值变化在46—476Ma之间^{*}。笔者认为上述同位素地质年龄值与它们所代表的地质体的地质特征不相一致。经笔者研究认为:胶东群和玲珑花岗杂岩均遭受了较强烈的硅、碱质交代作用。这种交代作用是发生在埋深、高温条件下,交代作用之后的地质体并没有得以迅速冷却,故这些地质体的岩石、矿物不能使放射成因⁴⁰Ar得以保存,按照放射性元素的衰变速率原理,胶东群和玲珑花岗杂岩体的K-Ar体积法年龄是不可信的;碱质交代作用意味着⁸⁷Rb的加入和放射成因铯部分被带出,因此采自遭受碱质交代作用地质体之样品亦不适宜用Rb-Sr法来测年。交代作用对锆石标型特征影响很大,主要表现在锆石对母体元素铀的捕获和交代作用过程中放射成因铅大量丢失,在这种情况下,用采自开放体系的样品,以谐和线法给出的年龄值也容易引起争议。

鉴于上述原因,欲获得本区胶东群的可靠年龄值,必需慎重选择采样地点和合理组样。本文作者对胶东群采集测年样品的地点就是选择在碱质交代作用影响较弱的地段,即在栖霞县唐家泊乡十八盘的角闪黑云变粒岩层中取得一组锆石样品,并且在组样时剔除了交代锆石,结果获得了2670Ma(¹)的封闭体系U-Pb年龄值,此年龄值代表了该层位岩石的形成年龄。在玲珑花岗杂岩中因不存在交代作用较弱地段,所以测试结果表明样品几乎丢失了85%以上的放射成因铅。尽管如此,谐和线上交点给出了2680Ma的年龄值,铅-铅等时线则给出了1903Ma的年龄值。前者解释为花岗岩副矿物的形成年龄,后者解释为花岗岩中副矿物接受硅、碱质交代作用的变质年龄,即为玲珑花岗杂岩的形成年龄。

二、玲珑花岗杂岩接触带地质特征

1. 接触带上一般没有断层分布。接触线形态弯曲,变化频繁且复杂。接触线两侧见不到淬火冷凝边与热力烘烤现象。

2. 接触带两侧岩石均为混合岩。向围岩一侧为层状混合岩,向花岗岩一侧为条带、条纹、条痕、影条状混合岩与雾迷状混合岩等。花岗岩一侧各混合岩带之间界线呈渐变过渡关系。

3. 由接触带向花岗杂岩中心部位追索,可见花岗杂岩中变质岩(即层状混合岩)残块较

*全国同位素地质年龄数据汇编及正文表。

多，残块岩石类型随花岗杂岩岩石类型的不同而不同：如钾长花岗岩中岩石残块以浅粒岩为主，其次有黑云变粒岩和云母片岩。由于浅粒岩与钾长花岗岩的颜色、矿物成分、岩石结构构造比较接近而被忽视，片麻状黑云母花岗岩中岩石残块多且大，以黑云变粒岩为主，亦掺杂有部分其它岩性。其主要特征为变质岩残块之片麻理方向与片麻状黑云母花岗岩之片麻理方向一致。一般情况下，片麻理呈近东西方向分布，当片麻理不呈近东西方向分布时，往往与附近胶东群片麻理方向一致；似斑状角闪花岗岩中岩石残块多以变质基性杂岩为主，有时见有单矿物岩等。岩石残块小而多，定向排列，排列方向变化规律与片麻状黑云母花岗岩中的相同。

4.岩体内部各种类型岩石，大致呈近东西方向带状分布。岩石类型之间呈渐变关系。三种岩石类型的共同特点是，岩石中矿物含量很不稳定，变化很大。

5.垂直接触带向围岩方向追索，可见变质杂岩遭受到较强烈的硅、碱质交代作用（混合岩化作用），演变成形态各异的层状混合岩。对于交代作用，可以浅质脉体发育程度来判断其强弱。接触带附近交代作用表现得强烈，随着远离花岗杂岩而渐渐减弱，最终消失在变质杂岩中。其它区域地质特征见图1。

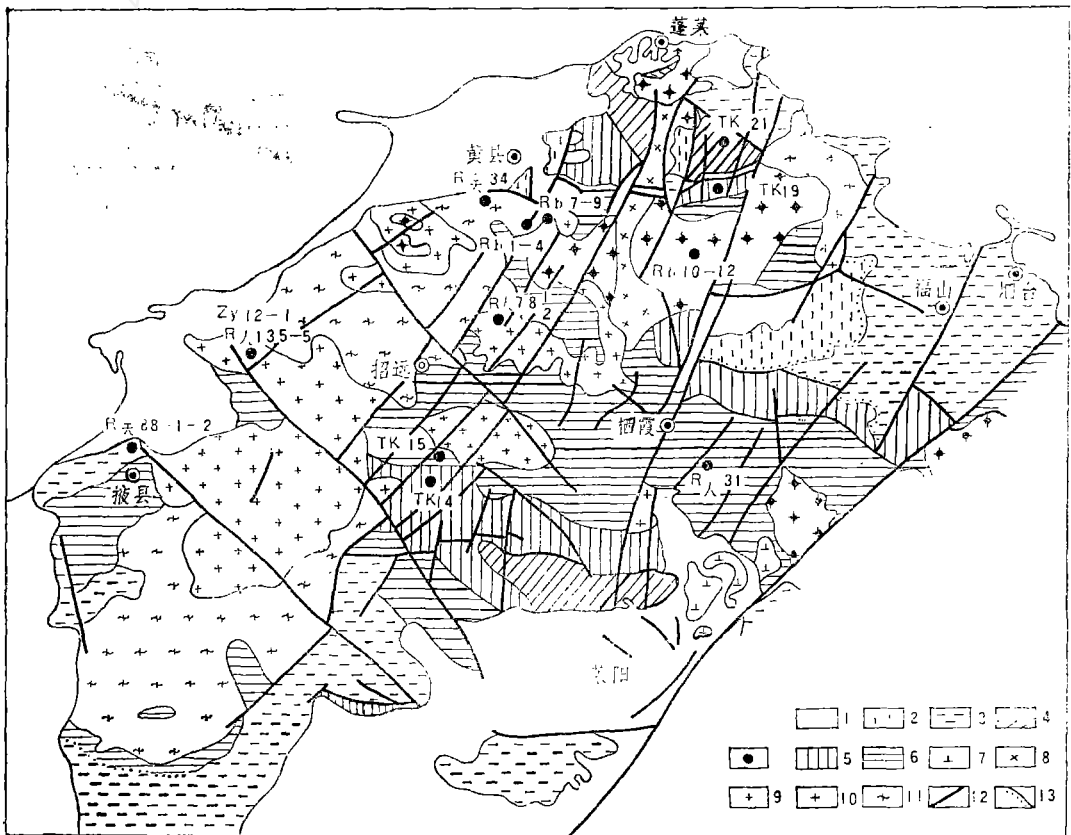


图1招远—栖霞地区地质略图
(据山东省地质局第三地质队1/20万胶东地质图，由杨广华修编)

- 1.第四系一白垩系未分；2.蓬莱群；3.粉子山群；4.胶东群富阳组；5.胶东群民山组；6.胶东群蓬乔组；7.燕山期霏细岩；8.艾山似斑状花岗闪长岩；9.棠家河花岗岩；10.郭家岭花岗岩；11.玲珑花岗岩；12.断裂；13.不整合界线；·采样点位置及编号

在区域地质调查研究中, 作者认为上述特征与玲珑花岗杂岩成因, 形成时代有关, 由此得出以下两点认识:

(1) 从花岗杂岩经层状混合岩到变质杂岩, 硅、碱质交代作用由强到弱, 最终消失在变质杂岩中, 表明玲珑花岗杂岩与区域内各种混合岩的形成, 在时间上、空间上以及物质来源方面密切相关。

(2) 玲珑花岗杂岩体中近东西向片麻理与矿物定向排列, 是花岗杂岩形成时受力作用的构造形迹。这种方向的构造形迹与本区燕山运动所表现的北北东向断裂活动形迹显然是不一致的, 而与本区吕梁运动晚期最终定型的栖霞复式背斜轴方向一致, 便证明玲珑花岗杂岩体的形成与吕梁运动密切相关, 而与燕山运动无关。

三、对钾—氩体积法同位素年龄数据的评述

笔者在对区域内同位素地质年代学研究工作之前, 对前人工作成果进行了调研与学习, 将收集的有关数据列入表1。从表中看出区域结晶基底岩石给出的最大年龄值为1664Ma。这一年龄值与人们通常认识的基底岩石的地质特征不相一致。因此, 自然产生了基底岩石样品的氩同位素在其演化历史中可能发生丢失的问题。对基底岩石样品调查发现, 组成基底的胶东群、粉子山群样品给出年龄值的规律是, 上部岩组样品年龄值一般均大于下部岩组样品年龄值。野外观察表明, 样品均遭受了角闪岩相或高角闪岩相的变质作用, 同时, 大部分样品都经受了程度不同的硅、碱质交代作用。交代作用与变质作用都会使地质体受热, 势必造成地质体在加热及以后的冷却过程中产生氩丢失。样品年龄值普遍低于变质作用时限说明, 基底岩石在交代作用或变质作用以后继续丢失氩。继续丢失氩一般有两种可能: 一是后期构造作用造成的氩丢失, 这种氩丢失的规律是, 样品应该记录构造作用的时间, 然而, 基底样品年龄值无此规律, 说明基底氩丢失不是后期构造作用的结果。另一个可能性就是基底岩石在形成时被加热了, 形成以后仍处于高温、埋深环境中, 失去了迅速冷却的条件, 使岩石不能计时。热地质体只能随着区域地壳缓慢抬升而缓慢冷却。上部岩组在空间位置上也处于上(浅)部, 在缓慢抬升过程中先冷却, 先记时, 年龄值则大; 下部岩组晚冷却、晚记时, 则年龄值小。因此造成了年龄值大、小与地层形成先后顺序颠倒的关系, 表明了基底岩石在区域变质作用后的冷却史。

表1中7—34号样品系来自玲珑花岗杂岩体。前人认为玲珑花岗杂岩形成于印支晚期或130Ma的年代学依据, 系来自表中部分数据。然而, 观点的形成势必造成取用一部分数据, 舍弃另一部分数据, 取、舍的标准因人而异。本文亦认为对年龄值从46—476Ma的数据, 应有所取又有所舍, 取舍的依据就是同位素测年原理。

众所周知, 同位素测年原理与方程应用的条件是地质样品保持封闭体系。因此, 在对玲珑花岗杂岩年龄值进行取舍时, 首先要确定花岗杂岩的钾—氩体系是封闭的还是开放的。方法为等时线原理: 如果一组同时形成的地质样品保持体系封闭, 那么各个样品的 $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ 的原子数比值应该相等(在偏差允许范围内), 并且各样品的数据在 ^{40}K — ^{40}Ar 座标图上的投影, 必须沿着由花岗岩形成时间确定的斜线(具有一定斜率的等时线)分布。然而, 表中

花岗杂岩样品之 $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ 比值不仅不等,而且差别颇大。同时数据点在 $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ 座标图上呈分散状态,构不成等时线。因此证明,玲珑花岗杂岩体钾-氩体系开放。表中样品年龄值就是用开放体系的 $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ 比值、利用封闭体系方程计算的结果,这样的结果当然不会是玲珑花岗杂岩的形成年龄值。为了进一步阐明玲珑花岗杂岩体形成以后氩的继续丢失,引用以下几个例证说明之。

1.区内招一平断裂带、焦家断裂带、三山岛断裂带等断裂带中,可见玲珑花岗杂岩体有发育的糜核岩化现象。依据构造地质学原理可知,糜核岩化是发生在埋深、高温条件下岩石受力作用的塑性变形,因此就说明了玲珑花岗杂岩体形成以后没有迅速冷却(或再度受热),势必造成氩的继续丢失。

2.表1中花岗杂岩体大年龄值样品分布于断裂带中表明,玲珑花岗杂岩亦存在冷却史。因为断裂本身就是一个连续的空间,这个空间将下部热地质体与地表以上空间联系起来。断裂的产生与活动造成热地质体局部迅速冷却的条件,自然导致了断裂带中样品年龄值要大于没有断裂处样品的年龄值。断裂活动提供了迅速冷却的条件,反之,迅速冷却又记录了断裂活动的时间。如表中19号样品采集于凤仪店断裂带中,可能记录了海西晚期运动断裂活动的时间。29号样品分布于桃村断裂带中,可能记录了加里东运动中期桃村断裂的活动。加里东运动使本区与华北地台广大地区抬升。因此,缺少了从中奥陶统到下石炭统的沉积。海西晚期运动表现形式也是地壳抬升,造成三迭系的缺失。这些区域构造运动的资料,也证明了玲珑花岗杂岩体在地壳缓慢的抬升中渐渐冷却。

3.玲珑花岗杂岩是一个出露面积达 3000km^2 的大岩基。要从胶东群演化成这样大的花岗杂岩,必须是区域地壳变动能提供热源。燕山运动能提供这个热源吗?迄今所见自晚前寒武蓬莱群沉积以来的盖层,既无硅、碱质交代作用,也无区域变质作用现象表明,燕山运动提供不了形成玲珑花岗杂岩的热源。与此相反,粉子山群表现出角闪岩相的变质作用,下部岩组还表现出不强的硅、碱质交代作用,说明玲珑花岗杂岩应形成于粉子山群沉积晚期或以后、蓬莱群沉积以前。

对玲珑花岗杂岩来说,氩的丢失,表明样品之 $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ 比值一定小于未丢失样品的 $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ 比值,也就是说表1中花岗杂岩样品之年龄值均低于花岗杂岩形成年龄。表中最大年龄值为 476Ma ,就指示了玲珑花岗杂岩应形成于 476Ma 以前。另外,表1中第35号样品意义特殊:首先此样品硼含量较高,我们将硼的来源与下地壳之沉积层位相联系,而视其为硅、碱质交代作用(混合岩化作用)之产物;其二是样品点距离栖霞复式背斜轴不远,此处岩石所受硅、碱质交代作用较为强烈,样品点附近有近东西方向断裂通过,故将其与玲珑花岗杂岩样品同等对待。该样品给出年龄值为 1775Ma ,那么就指示出玲珑花岗杂岩形成年龄值的上限了。

四、全岩铷-锶法的应用与锶同位素特征分析

玲珑花岗杂岩体岩石中矿物含量的急剧变化现象向人们提示,在对花岗杂岩采取铷-锶样品时,要考虑到花岗杂岩中锶同位素的均一化问题。为此,对玲珑花岗杂岩全岩铷-锶法

样品的采集，按以下方式进行：

1. 由于钾长花岗岩中暗色矿物含量很少，钾长石标志又不清楚，因此，进行大面积采集样品，以便造成样品间物含量的差别。样品测试数据见表2的14—23号。

2. 片麻状黑云母花岗岩中黑云母清楚可见，在不到80m长的断续露头上采集4个样品（1—4号）。

3. 似斑状角闪花岗岩中条纹长石斑晶十分清楚，以其含量多寡为标志在一个露头点上同时采集3块标本。这样的采样点有2个，一个分布于这种岩石的中心位置（10—12号），另一个则位于边部（7—9号）。有关样品测试数据列在表2中，同时将数据投影到 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ — $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 座标图（图2）上。从图2、表2看出：钾长花岗岩数据分散，不能拟合等时线；

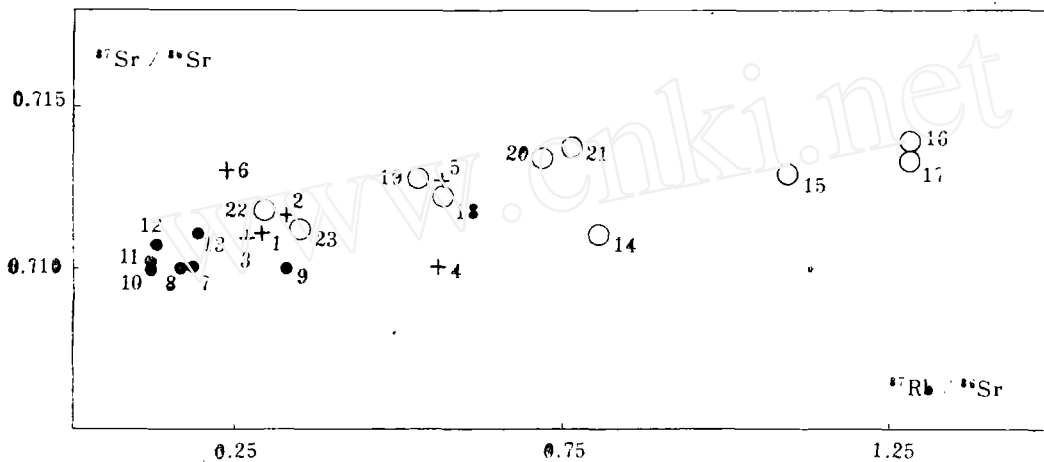


图2 玲珑花岗杂岩体全岩铷—锶法样品的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ — $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 座标图
 实心圆：似斑状角闪花岗岩；空心圆：钾长花岗岩；+字：片麻状黑云母花岗岩

长80m露头上的4个数据亦不能组线；同一个露头点上的3块标本，其数据也不成线，表现在玲珑花岗杂岩体中 $^{87}\text{Sr}/^{87}\text{Rb}$ 比值变化是无序的，说明铷—锶体系开放。因此，对开放体系的玲珑花岗杂岩是不适合采用全岩Rb—Sr法测年的。

以上应用全岩铷—锶法对玲珑花岗杂岩测年，无疑是一个失败的例证。据笔者所知，玲珑花岗杂岩中这种情况还有3例。本文提出这一例证，目地在于引起人们注意，并探讨促使体系开放的原因。表2数据清楚表明，钾长花岗岩铷含量高、锶含量低，而似斑状角闪花岗岩铷含量低、锶含量高，这些含量差别不仅决定了钾长花岗岩和似斑状角闪花岗岩数据在座标图上的投影位置（分别分布于远离与靠近 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 轴的位置），而且还表明钾长花岗岩与似斑状角闪花岗岩在物质来源上的差别，这个差别可能与原胶东群的酸性成分层和基性或中基性成分层岩性差异有关，联系到迄今所见不同类型花岗岩岩石中变质杂岩残留体岩性的一致性，都说明胶东群的不同成分层控制着玲珑花岗杂岩的岩石类型。通过对胶东群的研究可知，由于成因的差别，造成同一类成分的不同层位之间存在着铷同位素初始比值的差别，在重熔—交代的演化过程中，由于混合作用会减小这种差别，但是在岩浆得不到分异—充分分

表2 玲珑花岗岩杂岩体全岩铷-锶法年龄数据表

序号	原样号	岩体类型	采样地点	岩石名称	^{87}Rb 微克原子/克	^{86}Sr 微克原子/克	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
1	山81J9	玲珑	河西马家中学附近	中粒似眼球状黑云母花岗岩	0.34179	1.16253	0.29400	0.71103
2	" 112	"	"	细粒条纹状黑云母花岗岩	0.35389	1.06487	0.33233	0.71160
3	" 33	"	"	中粒片麻状黑云母花岗岩	0.31434	1.16318	0.27024	0.71103
4	" 8	"	"	细粒片麻状黑云母花岗岩	0.45125	0.81160	0.55600	0.70984
5	" 119	"	金岭乡光山村北山	中粒片麻状(条纹)黑云母花岗岩	0.35850	0.63193	0.56739	0.71273
6	" 29	"	三元乡南大沟山与楼子尖之间	中细粒似片麻状黑云母花岗岩	0.24386	1.01518	0.24022	0.71302
7	" 24-1-2	郭家岭	河西马家至莱山乡之蒋家屯东	似斑状角闪花岗岩(斑晶小,少)	0.24428	1.33390	0.18313	0.70981
8	" 1-1	"	"	似斑状角闪花岗岩(斑晶中等)	0.21900	1.32433	0.16537	0.70976
9	" 1-3	"	"	似斑状角闪花岗岩(斑晶大,多)	0.47832	1.45891	0.32786	0.71012
10	" 21-1	"	寨里至大辛店乡东山梁北坡	似斑状角闪花岗岩(斑晶大,多)	0.27509	2.18050	0.12616	0.71013
11	" 3	"	"	似斑状角闪花岗岩(斑晶小,少)	0.27013	2.11860	0.12751	0.71025
12	" 2	"	"	似斑状角闪花岗岩(斑晶中等)	0.25951	1.99310	0.13021	0.71075
13	" 132-3	"	金山乡大刘家采石场	似斑状角闪花岗岩	0.24394	1.24248	0.19633	0.71108
14	" 108	深家河	掖县西由乡招贤村采石场	中粗粒钾长花岗岩	0.46433	0.57152	0.81245	0.71112
15	" 77	"	罗山乡路家东沟	黑云母钾长花岗岩	0.45159	0.41109	1.09850	0.71289
16	" 94	"	" 官家河东磨山	黑云母钾长花岗岩	0.63949	0.50887	1.25669	0.71398
17	山80J75	"	" 高家养猪场	中一粗粒黑云母花岗岩	0.52763	0.41961	1.25742	0.71339
18	" 5	"	毕廓乡金家沟屯北采石场	中一粗粒钾长花岗岩	0.45926	0.81357	0.56449	0.71233
19	" 91	"	潘家店东山梁	中一粗粒钾长花岗岩	0.42501	0.80643	0.52702	0.71280
20	" 70	"	北凤山北坡	细粒黑云母花岗岩	0.46460	0.64667	0.71846	0.71345
21	" 78	"	罗山乡罗山水库	中粗粒钾长花岗岩	0.43924	0.57419	0.76497	0.71366
22	" 62	"	金翅岭矿区钻孔	黑云母钾长花岗岩	0.27851	0.95922	0.29034	0.71183
23	" 120	"	金岭乡光山村北山顶采石场	粗粒黑云母花岗岩	0.26092	0.75572	0.34527	0.71120

异时, 铯同位素比值是难以被混合均匀的, 这就造成了同一地质点上不同样品间Sr/Rb比值的差别, 并且表现出Rb-Sr体系的强烈开放。

五、对锆石的研究

研究锆石的标型特征, 其变化规律与交代作用、变质作用的关系, 是正确应用单矿物铀-钍-铅法测年的保证。为此, 本文对区域中分布的玲珑花岗杂岩、层状混合岩、变质杂岩中锆石进行了研究, 将锆石划分为交代锆石与变质锆石二类, 列于表3。依据表3成果认为: 交代锆石在硅、碱质交代作用过程中, 可能发生过铅的丢失和铀的捕获。由于铅的丢失和铀的捕获, 势必造成锆石中Pb/U比值大大降低, 使在谐和图上数据的投影位置分布在谐和线的右、下部位。由此得到的不一致线与谐和线的上、下交点年龄值会引起争议。为了避免这种情况的发生, 对胶东群采样时, 要避免交代作用而采集变质锆石样品。

表3 胶东群、玲珑花岗杂岩锆石标型特征对比表

锆石类别	变质锆石	交代锆石
比较项目		
颜色	紫红色及其它深色	基本无色, 或浅色
光泽	弱	强
透明度	差	很好
晶面	凹凸不平、麻面	光滑, 完整
溶蚀程度	强烈	基本无溶蚀现象
		无核
粒级	大约在0.08 mm	大约在0.12 mm

六、对胶东群形成年龄的测定

表3说明, 交代锆石可能发生过铅丢失与铀捕获事件。为了准确测定胶东群形成年龄, 必须排除硅、碱质交代作用的干扰。野外工作发现, 栖霞县唐家泊乡一带为硅、碱质交代作用较弱地段, 并在十八盘处的角闪黑云变粒岩层中发现锆石含量高, 就采集了一个大样品。分样前发现样品中含有少量交代锆石, 按粒级分样后剔除了交代锆石。测试数据列在表4中, 并将数据投影到铅-铅等时线图(图3a)和和谐线图(图3b)上。对照图、表可知, 2、3、5号样品给出了铀-铅一致年龄。依据谐和线原理可知, 以上样品之铀-铅体系和铅-铅体系保持封闭, 由锆石给出的铀-铅、铅-铅年龄值为2670 Ma, 它代表角闪黑云变粒岩的形成年龄。

表4 胶东群锆石铀—钍—铅年龄数据表

序号	样号	测试矿物 锆石	(ppm)			铅同位素组成(%)				测定年龄值			
			U	Th	Pb	204	206	207	208	206/ 238	207/ 235	207/ 206	208/ 232
1	山81R<-31-1	"	490.0	190.0	256.5	0.083	74.064	14.415	11.438	2404.3	2546.3	2661.4	2556.3
2	"-2	"	450.0	195.0	273.0	0.096	73.226	14.521	12.157	2661.9	2668.1	2672.8	2694.1
3	"-3	"	460.0	200.0	299.9	0.168	70.317	14.872	14.643	2667.4	2668.1	2668.6	2845.6
4	"-4	"	490.0	260.0	397.7	1.057	37.200	19.789	41.954	2513.2	2576.7	2627.0	4605.6
5	"-5	"	460.0	200.0	305.9	0.169	69.803	14.706	15.322	2723.9	2688.4	2661.9	3151.8

测试单位：核工业部第三研究所

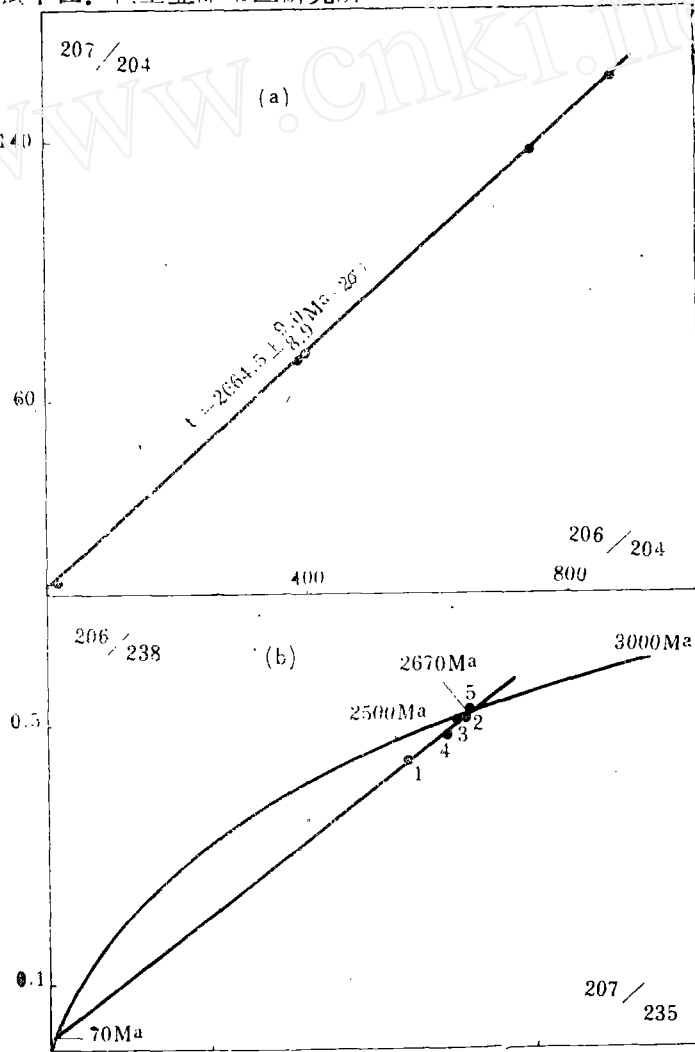


图3、胶东群锆石数据图解
a. Pb—Pb等时线图；b. 谐和线图

七、对玲珑花岗杂岩形成年龄的测定

玲珑花岗杂岩的各种岩石表现出最强烈的硅、碱质交代作用。因此，采集样品时同样需考虑样品代表性。有关样品数据列在表5中，并绘制了谐和图（图4a）与等时线图（图4b）。结果表明：

1. 表5中数据除2号以外，表现出的规律是： $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄值 $<$ $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 年龄值 $<$ $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄值，这种年龄值属于不一致年龄，本文则称其为正向不一致年龄（以便区别于逆向不一致年龄）。依据谐和线原理可知，这种年龄值的产生原因是样品发生了铅丢失、铀捕获，或既在有铅丢失的同时又有铀的捕获。因为，以上任何一种原因都将导致样品中Pb/U比值的减小，使数据点投影在谐和线的右、下侧，所以将谐和线右、下侧位置称为铅丢失（或铀捕获）区。凡数据点投影在此区范围内，则数据所代表的地质体产生过铅丢失（或铀捕获）事件，而玲珑花岗杂岩中锆石铅丢失是硅、碱质交代作用的结果。

表5 玲珑花岗杂岩体单矿物铀—钍—铅年龄数据表

序号	样号	测试矿物	（ppm）			铅同位素组成（%）				测定年龄值（106年）			
			U	Th	Pb	204	206	207	208	206/ 238	207/ 235	207/206	208/ 232
1	R人 135-5	褐帘石	119.72		97.8434	0.897	18.0353	14.0927	66.976	98	115	511	232
2	R天 34	独居石	963.8	17230	218	0.2464	13.8441	4.2764	81.6331	156.5	133.5		207
3	R天 78-1	"	458.0	32140	313	0.1574	6.9472	3.3310	89.5644	205	668	2890	184.5
4	" 2	"	536.0	36810	305	0.2068	7.2921	3.5564	88.9446	147	240	1286	152
5	R天 88-1	锆石	622		34.8	0.2477	74.1052	10.8668	14.7800	285	492.5	1625	
6	" 2	"	622		45.1	0.1561	75.7541	11.2116	12.8782	362	681	1955	
7	Zy 12-1	"	368.34	66.8	38.344	0.86	48.48	16.12	34.50	250	382	1286	216

注：测试单位，宜昌地质矿产研究所；

7号数据摘自：王义文，1981，东北地质科技情报，1期 30页

2. 在谐和图上，除2、3号样品以外，其它5个数据组成不一致线，与谐和线有上、下两个交点，上交点年龄值为2680Ma，下交点年龄值为185Ma。2680Ma的上交点年龄值，由于样品丢失了85%以上的放射成因铅（或捕获铀），故不很准确，然而，仍可用于指示组成不一致线的5个样品单矿物形成于晚太古代。对比胶东群2670Ma的数据，就为玲珑花岗杂岩之成岩物质来源于晚太古代的胶东群提供了证据。对于下交点185Ma年龄的认识是，该年龄值没有意义，原因是下交点的位置，在现代丢失和冷却年龄的位置上，在这种情况下，一般都认为是现代丢失或冷却年龄。

3. 图4b是由表5数据采用等时线法计算结果所绘制的。图上表示了3条等时线，这3条等时线的拟线参数列于表6中。对表中年龄值按以下原则取舍：（1）从样品组线的相关系数、初

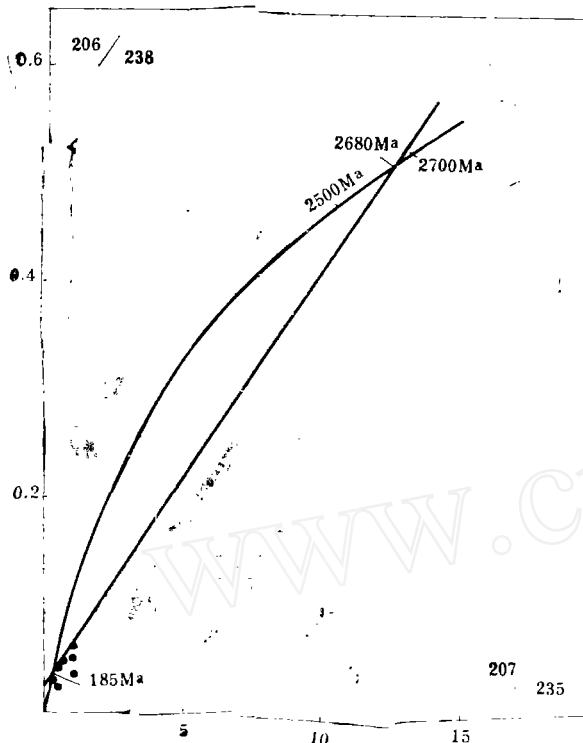


图4b、玲珑花岗杂岩副矿物铀—铅、铅—铅等时线图

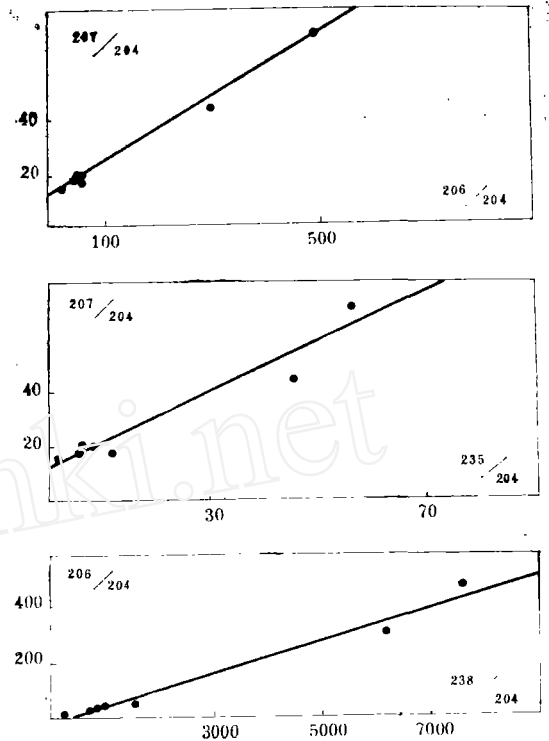


图4a、玲珑花岗杂岩副矿物谐和图

表6 玲珑花岗杂岩体铀—铅、铅—铅等时线参数和年龄

等时线类别	相关系数 R	初始比值 a_0	斜率 b	年龄值及偏差 $t \pm$
$^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb} \sim ^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	0.9817	-9.6112	0.058631951	$367.3 \pm \begin{smallmatrix} 35 \\ 34 \end{smallmatrix} \text{Ma}$
$^{235}\text{U}/^{204}\text{Pb} \sim ^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	0.9553	12.182881	0.92333499	$664 \pm \begin{smallmatrix} 72 \\ 78 \end{smallmatrix} \text{Ma}$
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} \sim ^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	0.9930	12.9293899	0.116576045	$1903 \pm \begin{smallmatrix} 103 \\ 110 \end{smallmatrix} \text{Ma}$

始比值和斜率3项权衡, 唯铅—铅等时线满足组线要求; (2) G. 福尔^[2]在论述不一致年龄的选择问题时, 多次提及以选择铅—铅年龄为好, 因为铅—铅年龄值最接近真实年龄; (3) 区域地质特征中, 找不到玲珑花岗杂岩体形成于637Ma、664Ma前后的现象与依据, 与此相反, 地质依据与19亿年相一致; (4) 19亿年龄值与钾—氩体积法1775Ma接近等。为此, 采用铅—铅等时年龄值。

4. 1903Ma年龄值的计时意义是, 交代锆石形成于晚太古代时期, 到早元古代晚期, 由

于地壳变动引起的硅、碱质交代作用,使一部分胶东群由变质杂岩演变成层状混合岩,另一部分胶东群则演变成玲珑花岗杂岩。1903Ma大致记录了硅、碱质交代作用结束的时限,就是玲珑花岗杂岩体的形成时限。

八、钾—氩稀释法数据

笔者对胶东地区进行同位素地质年代学工作的晚期,有人*对胶东群采集了一套钾—氩稀释法样品,数据列在表7中。样品点投影在 ^{40}K — ^{40}Ar 座标图(图5)上。可以清楚地看出:5个数据点组成了一条年龄值为1902Ma的等时线,等时线截距为负值。这种数据具有以下两个方面的意义:

表7 胶东群钾—氩稀释法年龄数据表

序号	样号	岩石名称	采样位置	K (%)	$^{40}\text{Ar} \times 10^{-9}$ 克分子数/克	$^{40}\text{K} \times 10^{-9}$ 克分子数/克	表百年龄 (M.a)	测试单位
1	TR15	变辉绿岩	招远县孙家院南	0.22	0.367578	6.569757	771.68 ± 18.43	核工业部第三研究所
2	TR14	辉石斜长角闪岩	招远县西霞埠北	0.74	3.483179	22.086445	1656.25 ± 26.27	中国科学院贵阳地球化学研究所
3	TR21	斜长角闪岩	蓬莱县金果山南	0.96	4.632147	28.669242	1682.74 ± 41.52	核工业部第三研究所
4	TR19	含石英石榴斜长角闪岩	蓬莱县何家村北河沟	1.03	5.143415	30.741944	1721.06 ± 27.35	中国科学院贵阳地球化学研究所
5	TR23	含石英斜长角闪岩	不详	0.72	3.384399	21.5019	1654.30 ± 38.40	核工业部第三研究所

数据来源: 由山东省冶金地质勘探公司第三勘探队杨士望提供

1. 截距为负值表明样品都丢失了 $0.88442 \times 10^{-9} \text{mol/g}$ 的放射成因氩,指明1902Ma为氩丢失的起始时间。同时,表7数据表面年龄则记录了样品保存氩的时间。这就证明了胶东群氩丢失事件是吕梁运动所致,与燕山运动无关。另外,对钾—氩法而言,氩丢失年龄值高于保存钾年龄,亦是冷却年龄表现规律之一。

2. 表7中1、2号样品分布于玲珑花岗杂岩毕廓岩体之边部(见图1)。样品位置与花岗杂岩空间上的关系说明,如果花岗杂岩形成于燕山运动期间,那么它的形成对该样品要产生影响,使样品记录下燕山运动的年龄。与此相反,样品确实记录着吕梁运动的年龄。这个年龄值也就成为玲珑花岗杂岩形成于吕梁运动晚期的有力证据

*山东省冶金地质勘探公司第三勘探队综合组杨士望、汪山等人提供数据。

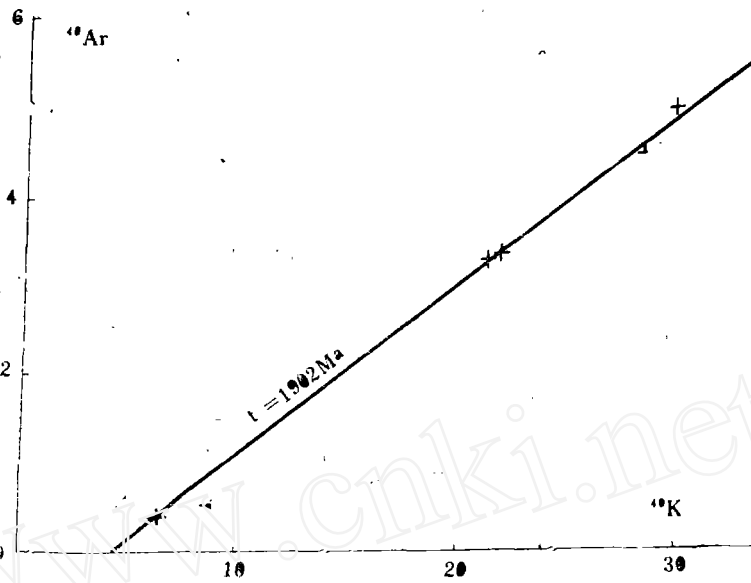


图5 胶东群钾—氩稀释法 ^{40}K — ^{40}Ar 座标图

参 考 文 献

- 〔1〕余汉茂, 1984, 胶东群蓬亦组锆石年龄及其地质意义。沈阳地质矿产研究所所刊, 第9号。
- 〔2〕G·福尔, 1983, 同位素地质学原理(中译本)。科学出版社。
- 〔3〕丹尼尔·拉佩兹(Daniel N. Lapedes)主编: 科学技术百科全书, 第八卷, 318页, 混合岩条。

STUDY ON THE ISOTOPE CHRONOLOGY
OF THE ROCKS IN THE NORTHWESTERN
JIAODONG DISTRICT, SHANDONG PROVINCE

Yu Hanmao

(*Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources,
Chinese Academy of Geological Sciences*)

Abstract

It is known from the regional geological surveying recently in Northwestern Jiaodong that the oldest isotopic age value of the Archeozoic Jiaodong Group, a metamorphic complex, is only 1864 Ma and that the isotopic age value of the Linglong granite complex varies from 46 to 476 Ma. Obviously, these age values are not consistent with the geological characters of the corresponding geological bodies. The author's study indicates that both the Jiaodong Group and the Linglong granite complex were metamorphosed by more violent silicon-alkaline metasomatism which happened in a condition of great depth and high temperature so that these rock bodies could not get a quickly cooling down. Therefore the rocks and minerals in the rock bodies could hardly hold the radiogenetic ^{38}Ar in. In accordance with the decay ratio of the radioactive elements, the K-Ar isotopic age by the volumetric method in the Jiaodong Gr. and the Linglong granite complex seems to be unreliable, since the alkaline metasomatism showed the mixture of some ^{87}Rb and the escape of some radiogenetic Sr. Similarly, the samples collected from the rock bodies which suffered from the alkaline metasomatism are completely unsuitable for the age determination by Rb-Sr method, because the metasomatism had serious effects on the zircon typomorphic characters, and the zircon often caught the uranium from the country rocks and a great amount of radiogenetic lead could escape in the process of metasomatism. In this case, using the samples collected from an open system to get an age value on the concordia plot seems to be very contentious.

Based on the above mentioned reasons, it is better to chose a reliable sample locality and some good samples for getting an ideal age value of the Jiaodong Gr. in such a district. The samples used in the present paper were all collected in the places where the metasomatism was quite weak and a group

of zircon samples were got right from the hornblende biotite leptynite in Shibapan of Tangjiapo, Qixia County, and the metasomatic zircons were selected out off the samples later. So here we got an age value of 2670 Ma that was just an age of closed system, representing the real rock-forming age of the strata. Since there is no place with very little metasomatism in the Linglong granite complex, the determinations show that more than 85% radiogenetic lead has been lost. Despite of these factors, the intersection on the concordia plot gives a value of 2680 Ma and the Pb-Pb isochron indicates a value of 1903 Ma, of which the former might be explained as to be the forming age of the accessory minerals in the granite, and the latter could be considered as the metamorphic age of these accessory minerals, i.e. the forming age of the Linglong granite complex.

www.cnki.net