

胶东地区粉子山群及蓬莱群地层 铅同位素组成探讨^①

张文起

(吉林地质勘查局地质研究所)

提要 由胶东地区粉子山群中大理岩及蓬莱群岩石的全岩 Pb 同位素组成,得到两条全岩 Pb-Pb 等时线,代表年龄分别是 2625.03Ma 和 1165.85Ma。作者认为以上两个数据很可能代表粉子山群及蓬莱群的沉积年龄。由此,结合 Pb 在沉积作用过程中的地球化学性质,指出碳酸盐岩及粘土质岩石在其沉积成岩过程中,其 Pb 同位素经过一定的均一化,在某些情况下,均一化程度相当高。利用全岩 Pb-Pb 等时线法可以测出其成岩年龄。这对于那些目前尚无其他方法求得精确年龄的地层而言,不失为一种可取的方法。

引 言

S. Moorbarh 1987 年最先采用全岩 Pb-Pb 等时线法直接确定沉积碳酸盐岩的年龄,并提出该方法极有希望直接测定灰岩层中古老叠层石灰岩及其它沉积物夹层的年龄,并可广泛用于确定前寒武纪含化石和不含石灰岩的沉积年龄。之后,江溥明又用此法测定了台湾大理岩的年龄,得到一条 Pb-Pb 等时线,认为代表的是大理岩的变质年龄,指出,全岩 Pb-Pb 等时线法可以确定中生代年轻事件的年龄。鉴于上述,作者试图采用全岩 Pb-Pb 等时线法探讨胶东地区粉子山群大理岩及蓬莱群大理岩、页岩等岩石的形成年龄,测试结果得到两条较好的等时线。通过对这两套岩石中 Pb 行为的简单讨论,认为等时线很可能代表了岩石的沉积年龄。

一、区域前寒武纪地层

胶东西北部地区处华北地台东缘,区内太古界胶东群广泛分布,粉子山群及元古界蓬莱群地层局部出露。

胶东群集中分布于栖霞、招远和莱州等地。主要由斜长角闪岩,斜长角闪片麻岩,浅粒岩、变粒岩组成,普遍经受过高角闪岩相的变质,个别地区可达麻粒岩相。胶东群是本区最古老的岩石系列,沈阳地质矿产所余汉茂(1988)于其下部采集黑云母角闪变粒岩中的五个锆石样品,测得年龄为 $2675 \pm 9.6^{17.2} \text{Ma}$,认为该套岩石为太古界产物。

粉子山群地层不整合于胶东群之上,是胶东群变质变形之后的产物,主要分布于招

^① 本文 1992 年 3 月收到。

远—平度断裂带以东,以及莱州粉子山地区,主要岩石类型有大理岩、变粒岩、石英岩及片岩等。该群目前分为两个组,由新到老分别是:

岗嵒组:黑云母片岩夹透闪石、大理岩

巨屯组:石墨大理岩、片岩、变粒岩

张格庄组:白云石大理岩夹透闪岩

祝家夼组:变粒岩、片岩夹大理岩

粉子山群岩石普遍经受了低角闪岩相及绿片岩相的变质作用,变质程度较胶东群低,变质时代也应较新,山东地质六队在莱州粉子山群取黑云母片岩,用 K—Ar 法测其年龄为 1450Ma,从现有少数资料看,这个年龄偏低,粉子山群应是元古代早期变质的。

蓬莱群地层主要出露于福山西南的庙后至高疃一带,以角度不整合覆盖于胶东群、粉子山群之上,主要岩石类型有板岩,大理岩。在该群上部有未经变质的灰岩。这套岩石由新到老分为四个组:

香介组:灰岩

南庄组:板岩,不纯大理岩

辅子夼组:石英岩夹板岩

豹山口组:板岩夹大理岩

蓬莱群地层基本上是一套碳酸盐岩夹粘土质岩石的沉积序列,遭受过轻微的变质,其 K—Ar 同位素年龄为 900—1100Ma,另据气愤,蓬莱群中有少数藻类化石,认为是元古代晚期产物。

二、全岩 Pb 同位素组成

岩石样品是 1990 年于胶东福山附近的粉子山群及蓬莱群中取得的,其中,粉子山群大理岩样 7 个,蓬莱群样品 8 个。取样位置如图 1 所示。

样品是作者于长春地质学院同位素室测定的。采用的仪器是英国 VG 公司产的 LSOMASS 54—10 质谱计,测试结果均经美国国家标准局的 SRM981 普通铅校正。测试样品岩性名称及测试结果如表。

将测试结果分别投图(图 2、3),分别得到一条等时线,代表年龄分为是 2625.03Ma, 1165.85Ma。

三、全岩 Pb—Pb 等时线年龄探讨

我们知道,应用全岩 U—Pb 体系测定岩石年龄的关键有二点:①各被测岩石应具有相同的铅同位素初始值;②岩石形成后处于一个封闭体系中。如上面,我们得到两条等时线,说明这两套岩石满足上述二点,特别是在成岩过程中岩石 Pb 同位素发生过均一化这一点。通过以下简要论述,作者认为风化、沉积及成岩过程可能使这两套岩石具有如上性质,而又由于风化、沉积至成岩过程所经历的时间相对较短,所以等时线年龄就近似代表了岩石的成岩年龄。

粉子山群大理岩及蓬莱群岩石全岩 Pb 同位素组成表

序号	代号	岩性	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
1	F ₁	硅化大理岩	18.90±0.00037	15.69±0.00049	38.66±0.00058
2	F ₂	大理岩	18.61±0.00055	15.61±0.00068	38.31±0.00095
3	F ₃	大理岩	19.40±0.0022	15.75±0.0029	38.49±0.0032
4	F ₆	透闪大理岩	18.31±0.012	15.86±0.022	37.91±0.014
5	F ₈	大理岩	21.31±0.0014	16.12±0.00093	38.61±0.0017
6	F ₉	大理岩	22.62±0.00063	16.36±0.0010	38.17±0.00092
7	F ₁₂	大理岩	27.17±0.00083	16.60±0.00089	37.95±0.0013
8	P ₁	板岩	18.31±0.00082	15.66±0.00087	38.95±0.00074
9	P ₂	大理岩	18.61±0.0016	15.64±0.0046	39.24±0.0046
10	P ₃	板岩	19.30±0.00064	15.71±0.00083	40.42±0.00061
11	P ₄	石英岩	18.12±0.0045	15.64±0.0054	38.39±0.0046
12	P ₅	板岩	18.48±0.00034	15.64±0.00044	38.75±0.00053
13	P ₆	大理岩	18.12±0.00083	15.62±0.0012	36.46±0.0013
14	P ₇	板岩	18.15±0.00041	15.59±0.00030	38.79±0.00017
15	P ₈	灰岩	18.16±0.0011	15.60±0.0016	38.33±0.0016

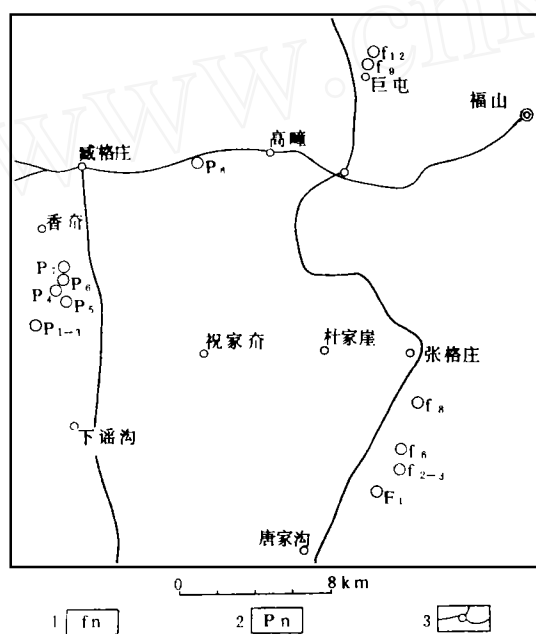


图1 粉子山群蓬莱群取样位置图

1. 粉子山群; 2. 蓬莱群; 3. 公路

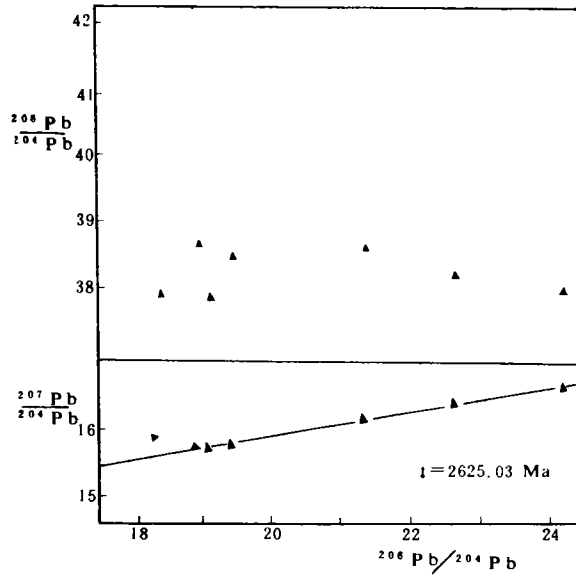


图 2 粉子山群大理岩全岩 Pb-Pb 等时线及 K 值特征

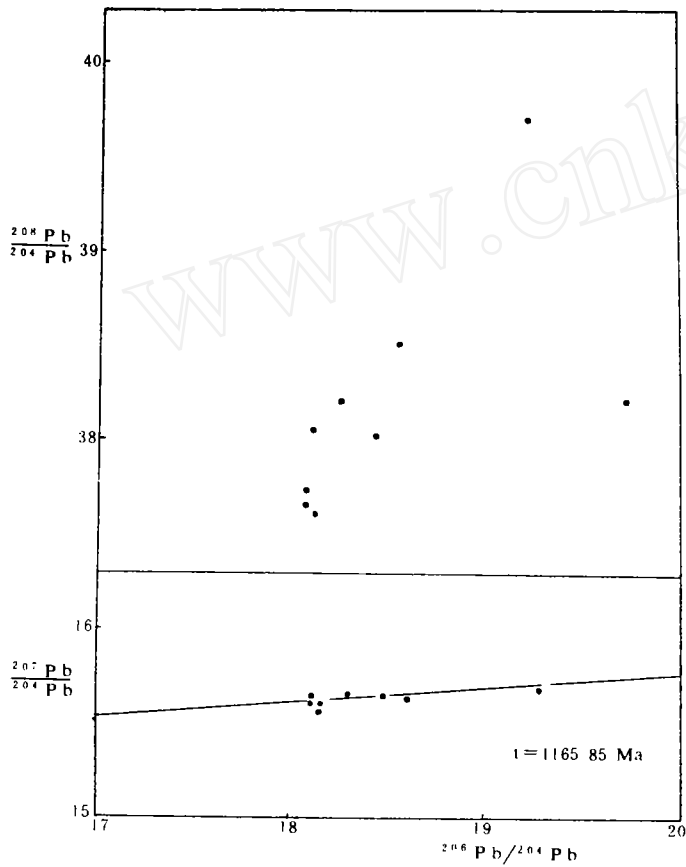


图 3 蓬莱群全岩 Pb-Pb 等时线及 K 值特征

(一)岩石具有相同的铅同位素初始值。

即岩石形成后,Pb同位素经过均一化,这一点对于火成岩来说,一般认为是可以达到的,但对于沉积岩来说,由于其物质来源及沉积过程的复杂性则无法保证,因此目前很少有人应用全岩Pb-Pb法直接测定沉积岩的年龄。本文所讨论的是以碳酸盐岩、粘土质岩为主的岩石系列,其特殊的岩性为其中Pb同位素的均一化提供了有利条件。

1. 粉子山群、蓬莱群的岩石在沉积前的风化、搬运过程中,Pb同位素可能发生了一定的均一。

粉子山群及蓬莱群地层在胶东地区仅局部发育,作者曾通过分析胶东群、粉子山群及蓬莱群的Pb及Rb-Sr同位素特征,认为粉子山群、蓬莱群是胶东群岩石风化沉积的产物,即粉子山群地层、蓬莱群地层的源岩为胶东群岩石,在源岩风化过程中,岩石经受了机械破碎及各种化学反应,如水解、氧化、离子交换等,其中的各种元素发生广泛迁移、交换,不同来源的Pb也就相互混杂了。Lipman(1978)等人曾做过一个试验,年龄为180Ma的爱达荷Sping建造的混合物,其 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 全岩比值为19.4, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为15.7, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为38.6,而在热的6N-HCl沥滤器中回收的铅却产生很高的放射性成因比值—— $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为28.4, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为16.7, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为49.9。其后,林尔为教授等人(1984年)也做过相似实验,结论基本一致,说明在结晶岩中大量的铀及其子体铅容易被活化,粉子山群及蓬莱群地层的源岩在风化过程中,其Pb、U应具该性质。

2. 粉子山群、蓬莱群岩石在沉积过程中,Pb同位素可能发生了均一化,而且主要受沉积水体的影响。

P. S 莫兹利通过研究发现,方解石的微量元素成分受其沉积水体的强烈影响,沉积环境对沉积岩特别是碳酸盐岩微量元素的分配非常重要。作者认为岩石中Pb是方解石形成过程中水体供给的,进入矿物晶格前,不同来源的Pb在沉积水体中极易互相混合,Pb同位素也会发生强烈的均一化。

蓬莱群是由碳酸盐岩及粘土质岩石组成的,粘土质岩石中Pb同位素同样也易于在沉积水体中均一化。

按一些沉积学家的分法,粘土质岩石形成于四种方式:(1)继承方式,即岩石是大陆的粘土质岩石碎屑迁移至沉积盆地中形成的;(2)新生成的,即由沉积环境中离子的化学沉积作用形成的;(3)通过与沉积环境的离子交换,一种粘土矿物又转变为另一种粘土矿物的形成方式;(4)重结晶作用,与(3)相似,也是通过矿物中离子与环境的交换而形成新矿物的方式,所不同的是矿物的结构也发生了变化。由上看出,除(1)之外,其余三种形成方式都说明粘土质岩石在形成过程中,其中元素与沉积环境之间频繁交换,受沉积环境的控制,因此岩石中Pb同位素很容易得到均一化。

现代Pb同位素数据也表明,远洋沉积物(包括锰结核在内)在铅同位素组成方面是十分相同的,特别是在远离大陆的地方,Doe等人认为其中有从大陆得到的大量Pb。

3. 碳酸盐岩及粘土质岩石在成岩后期的压实过程中,大量的孔隙水挤出、运移,促使沉积层内离子发生强烈的内部再分配,这样,沉积物不仅可难保持原始的同位素成分,而且可使原始同位素进一步均一化,这可能是本文所研究岩石Pb同位素均一化的主要阶段。

总之,目前对于碳酸盐岩及粘土质岩石的成岩过程虽不十分清楚,但就现有资料看,沉积岩(主要指碳酸盐岩及粘土质岩石)的 Pb 同位素在沉积及后期的压实过程中,发生强烈的均一化是很有可能。

(二)粉子山群、蓬莱群岩石形成后基本处于一个封闭体系中。

粉子山群遭受过低角闪岩相的变质作用,但从岩石的地质环境及 Pb 同位素特征来看,变质作用对其影响不大。胶东的变质年龄是 $2675 \pm 17.2_{9.6}^2$ Ma,与粉子山群呈角度不整合接触,另外二者变质程度也有明显差异,所以,2625.03Ma 代表的不是粉子山群的变质年龄,而是其沉积年龄,即粉子山群是胶东群变质后沉积形成的,又在元古代时期发生了变质作用,这一点在其 Rb-Sr 同位素组成上有所反映。另外,粉子山群大理岩的 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 较低(与该群中片岩,浅粒岩相比)说明岩石中 Th 含量低,这是成岩作用前,由于 U·Th 的化学性质的差异而造成的,变质作用不会产生如此结果。如图 2, F₆ 样品点稍偏离等时线,可能是后期热作用影响而产生的结果,可见变质作用对等时线有反映,但影响不大。

蓬莱群仅遭受过轻微变质,属埋深变质作用,如图 3, P₄、P₆、P₇、P₈ 样品的 Pb 同位素组成基本相同,而其岩性却不同,特别是 P₈,为未变质的灰岩样品,这个现象不仅说明变质作用的影响不大,而且还可看出该群岩石形成于同一环境中。

反过来讲,我们得到两条 Pb-Pb 等时线,代表的是岩石的沉积年龄,这说明:岩石沉积后基本处于一个封闭系统中。

四、结 论

对粉子山群大理岩及蓬莱群地层的岩石 Pb 同位素测试,我们得到两条等时线,这绝非偶然而应代表一定的地质意义。碳酸盐岩及粘土质岩石沉积序列,在沉积过程中,其 Pb 同位素经过了一定的均一化,而且一般沉积期后的变质作用对该系统影响不大,所以等时线代表这两套岩石的沉积年龄是很可能的,进而推断,在某种地质背景下,采用全岩 Pb-Pb 法一般可以直接测得岩石的沉积年龄,这对于确定地层年龄,研究地质发展历史有重要意义。然而,目前这种方法仍缺乏科学的严密性,均一化程度不能精确计量,所得年龄也就不能视为精确年龄。本文只粗浅地对全岩 Pb-Pb 年龄进行了探讨,存在问题还很多,还需进一步研究。

本文是在林尔为教授的指导下完成的,成稿后,林教授及王义文高级工程师进行了详细审阅,并提出许多宝贵意见,在此深表谢意。

参 考 文 献

- [1]地矿部宜昌地质研究所,1990,同位素地质测试与应用通报 No. 7。
- [2]P. S. 莫兹利,1991,沉积环境与早期成岩菱铁矿元素成分之间的关系,地质科技动态 No. 7。
- [3]张福璞,文子中,1983,山东焦家金矿地质。地质出版社。
- [4]R. G. C. 巴瑟斯特,1979,碳酸盐沉积物的成岩作用评述,国外地质科技,1983, No. 6。

DISCUSSION ON LEAD ISOTOPE COMPOSITIONS OF THE FNZISHAN AND PENGLAI GROUPS IN THE JIAODONG REGION

Zhang Wenqi

(*Institute of Geological Sciences of Jilin
Geoexploration Bureau*)

Abstract

Determination of the whole — rock lead isotopic compositions of the Fenzishan and the Penglai groups gives two $^{206}\text{Pb} - ^{207}\text{Pb}$ isochron curves indicating the age of 2625. 03 Ma and 1165. 85Ma, respectively. It is suggested that these data represent probably the ages when the Fenzishan and the Penglai groups were deposited. In the Light of the geochemical characteristics of lead in sedimentation process the author infers that during sedimentation and diagenetic processes of the carbonate and clay rocks its pb isotopes have been homogenized to certain extent, and, in some case, to quite high extent. There fore, the whole — rock $^{206}\text{Pb} - ^{207}\text{Pb}$ isochron method can be used to determined the age of diagenesis of some sedimentary rocks and has wide applications.