

我国同位素地质年代学、同位素地球化学研究的进展

赵统

(地矿部西安地质矿产研究所)

同位素地质年代学方面

近年来国内外 Sm—Nd、Lu—Hf、Re—Os、La—Ce 以及 K—Ca 这些新的地质年代学方法的发展,不仅填补了某些年代学方法的不足,也使人们有可能更加有效地对火成岩的成因和地球化学分异进行探讨。二次离子探针质谱技术的成功,把锆石年代推向了微区,并在西澳发现了 4100—4200 Ma 的古代锆石,最近又测得了 4392 Ma 的最老锆石年龄。这项进展使长期以来地球科学家所无法解释的界于地球形成到 3700 Ma 这段时间的缺失有了新的线索。在斯堪地那维亚、加拿大等地所测定的 1990 Ma 蛇纹岩,把岩石圈板块构造作用的起始追溯到中元古期。我国前寒武纪地层分布很广,最近刘敦一、于荣炳等在冀东迁西地区用 U—Pb、K—Ar 等时法,测得了我国目前最古老的地层年龄 3760 Ma,这在全球范围也不太多,是属于地球上地幔时代,这对研究我国最早形成上地幔的情况提供了有益的地质信息。对于年青样品的测定也取得了新的进展,如罗修泉等对内蒙新生代玄武岩年代学的研究也精确到世或者期。关于同位素年代学方法研究及应用主要有以下几方面。

1.1 ^{40}Ar — ^{39}Ar 坪年龄谱图法

①阶梯型 ^{40}Ar — ^{39}Ar 谱图:突出表现中、古生代长石在经受喜山期热动力作用后,其坪谱呈现出阶梯式上升的谱图,低温的阶梯坪反映了热动历史时间,高坪部分接近于共生矿物云母和角闪石的坪年龄;②马鞍型和半马鞍型 ^{40}Ar — ^{39}Ar 谱图:比较典型地反映了过剩 Ar 的存在;③平坦型的谱图:坪谱形状与岩体经受的热历史具有密切关系;④黄铁矿 ^{40}Ar — ^{39}Ar 谱图:沉积成因的黄铁矿通过共生矿物年龄对比,表明在具有过剩 Ar 的情况下,取其马鞍型低部的年龄值,所对应的加热温度在 700—800 °C 释出,按 ^{40}Ar — ^{39}Ar 计算的年龄较为接近成矿年龄。对于岩浆脉成的黄铁矿,它与石英一样,具有极其可观的过剩 Ar,不易获得满意的年龄值。

1.2 石英气液包体 Rb—Sr 等时线年龄法

这种方法可用作测定成矿年龄,石英在地壳中广泛存在并且纯净,不会影响包体的分析,且其包体与外部环境可以认为是完全隔离的,代表成矿流体,后生变化很微弱,包体一般很小,平均约 2×10^{-6} mm,在技术上有一定困难。实际上,由于石英中的 Rb、Sr 全部集

中在包体中,可以直接用石英作年龄测定。气液包体的提取可以直接用真空爆裂抽取的方法。

1.3 锆石 U—Pb 年龄法

从应用可能性的提出、数据解释各类理论模式的推出、年龄数据应用的大量发表和异常年龄值的出现、锆石矿物形态学和实验矿物学研究以及铅丢失假设的模拟、离子探针质谱计 SHRIMP 研制成功、超净化学分离、单颗粒锆石分析、直接蒸发分析等技术的新进展,将锆石 U—Pb 年代学研究推向现今突破性发展的繁荣时期。

1.4 Pb—Pb 同位素阶段法

已经在解释岩石成因、矿床成因、找矿勘探中都有广泛应用,并提出各种铅演化模式。壳—幔混合模式是其中之一。利用在 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 坐标图上呈线性正相关的样品铅同位素数据,依据壳—幔混合公式,计算出古老陆壳的年龄(t_1)、样品混合的 μ 值和混合的 Th/U 值。当然这种计算方法的前提是首先要知道铅源区的演化历史是两阶段的,样品形成方式是混合的,否则意义不大。

同位素地球化学研究方面

以 Ar—Ar 法和激光技术为基础的热年代学的发展为解决构造运动中的压力、温度和时间三者之间关系、研究以时间为主线构造演化历史提供了新的有效手段,定年技术使直接测定某些矿床形成年龄成了现实。加速器的质谱计问世,使我们有可能精确测定宇宙成因放射性核素,如 ^{10}Be 、 ^{14}C 、 ^{26}Al 、 ^{36}Cl 、 ^{39}Ar 等。这些核素形成于地球表面,从而可研究近代地质和地球物理现象。甚至可以研究那些人类活动对地球造成的影响。近期通过 ^{10}Be 等同位素的分析,发现曾有过沉积物进入地幔后又回返到地面的过程,在安底斯带这个循环发展长约 8 Ma 之多。岩石放射成因同位素地球化学及壳幔同位素特征研究取得主要成果,火成岩 Nd、Sr、Pb、Hf 同位素组成研究证明,幔源岩浆受陆壳物质混染是一个普通现象,岩石圈地幔比过去人们认识的还要复杂。以下在应用方面扼要叙述:

2.1 岩石、地层轻同位素地球化学研究

花岗岩类的同位素体系具 H—O 同位素的高度和纬度效应。 δD 与水含量具封闭体系结晶型、开放体系去气型、水—岩交换型。Sr—O 同位素体系也分封闭结晶、硅铝物质重熔、壳—幔混合、水—岩交换型 4 类。南极乔治王岛菲尔德斯半岛岛弧火山岩岩系岩浆演化规律为从古新世至渐新世,火山活动由南向北转移,岩浆由拉斑玄武岩向钙碱系列的玄武—安山质火山岩演化。 $\delta^{18}\text{O}$ 值(6.31—6.96‰)变化范围表明,具有典型上地幔岩浆演化特征($\delta^{18}\text{O} \approx 5.5$ —7.0‰),这和所测火山岩锶同位素数据($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.70319$ — 0.70387)和钕同位素数据($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.512916$ — 0.512917)一致。

2.2 矿床同位素地球化学研究

近年来利用稳定同位素的理论评价金矿床得到了尝试,有人研究金矿的硫同位素组成与金品位的关系,并利用硫同位素对氧化还原环境敏感这一特点来试别对这类金矿化特别特征的水热活动。王义文提出可利用 $\delta^{34}\text{S}$ 等值线在胶东地区进行区域金矿预测及评价金矿床剥蚀深度。利用 $\delta^{34}\text{S}$ 的统计资料预测金矿床类型及矿化强度。丁悌平等于 1988 年在我国首次

建立了用 SiF_4 分析硅同位素的装置及方法。观测到高岭土的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值变化范围为 $+0.1$ — -1.9 ，其中苏州高岭土等、热液蚀变高岭土的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值由 $+0.1$ — -0.1 ，接近花岗岩类岩石的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值。生物硅质岩的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值很复杂，其中云南腾冲的硅藻土 $\delta^{30}\text{Si}$ 值最低，为 -1.1 ，青海祁连山的放射虫硅质岩 $\delta^{30}\text{Si}$ 值为 -0.3 — -0.6 ，接近于陨石值，它们形成于深海，靠近海底火山活动中心。其他地区的放射虫硅质岩 $\delta^{30}\text{Si}$ 值均为正值，变化在 $+0.2$ — $+0.8$ 之间。硅同位素可能应用的重要领域是判断硅质岩的成因。从而判断层状矿床是否为海底喷气矿床，这种方法在变质地区特别有意义，因为在变质过程中硅不会有明显的变化。一般来说沉积石英砂岩的 $\delta^{30}\text{Si}$ 往往接近于零值，化学沉积的燧石岩 $\delta^{30}\text{Si}$ 却接近 -0.4 — -0.5 的陨石值，生物硅质岩则变化幅度较大，因此，可以用硅同位素组成判断石英岩的原岩。

岩石学和地壳演化的研究也从氧、硫、碳等同位素与某些放射性同位素的综合研究中获益不浅，这些同位素数据为人们提供了解作为构造最终产物的岩浆岩来源。稳定同位素分馏理论特别是与质量有关的同位素分馏效应的研究取得重大进展将对岩石、矿床、石油、天然气的应用研究开拓新的前景。B、Si、Li、Ce、Be、Cl、Ni 和惰性气体同位素测定技术和应用研究，超微量水中 H、O 同位素分析技术都取得了明显进展。稳定同位素地质学的进展不仅发展和丰富了成岩成矿理论，在寻找金属矿床、煤质评价、油气寻找和大气污染、水文工程地质、农业地质以及医学等方面的应用均取得可喜成效。

3.3 同位素分馏机制的研究

张理刚等对石英—锡石、锡石—水、黑钨矿—水进行了实验研究，获得了分馏校正曲线和有关直线方程。储雪蕾和大本对涉及分子内和分子间同位素交换的动力学模式进行了研究并导出了一组复杂表达式的速度定律。郑永飞论及的热液方解石的碳氧同位素分馏可能有 3 种关系：①封闭体系温度效应：从一个逐渐冷却的溶液中平衡沉积的方解石能够表现出 $\delta^{13}\text{C}$ — $\delta^{18}\text{O}$ 值之间的正相关性，但这冷却效应必须发生在非封闭体系条件下。由于 CaCO_3 的溶解度随着温度降低而增大，单纯的温度下降不会引起方解石沉淀。因此在 $\delta^{13}\text{C}$ — $\delta^{18}\text{O}$ 图解上的正相关性不能简单地归结于封闭体系温度效应；②开放体系沸腾效应：热液沸腾作用是引起方解石沉淀的最有效机理。 CO_2 和水蒸汽从热液中的逸出能够引起所沉淀的方解石表现出一定的碳氧同位素组成变化；③不同溶液混合效应：两种不同溶液的混合作用能够引起所沉淀的方解石具有正或负的 $\delta^{13}\text{C}$ — $\delta^{18}\text{O}$ 相关性，只有确定了合理的端员组成才能把它与沸腾效应区分开来。一个负相关性则可直接被用来指示某种可能的混合作用。

同位素实验方法研究方面

3.1 同位素年代学实验方法

①在用 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法测定矿物包裹体年龄方面戴撞谟等采用 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 计时技术，样品受快中子照射活化，并设计加了一套在超真空中击碎包裹体，以提取包裹体中 Ar 同位素，超高真空击碎系统与 MM 1200 质谱联机的 Ar 系统连接，按常规进行气体纯化和 Ar 同位素测定，并计算出 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄，可以有效地解决矿体的成矿年龄；②桑海清等应用 RGA 10 质谱计，对各种样品作了 500 多次分析测定，包括标样鉴定、J 值测定、 ^{38}Ar 稀释剂标定及

在宁夏寻找红泉式膨润土的可能性及建议

张寿岭

(宁夏地矿局情报室)

膨润土主要由蒙脱石组成的一种粘土岩,由于具有多种良好的物化性能,目前已在工业、农业、电子、国防和人民生活等30多个领域得到广泛的应用。随着应用范围的扩大,促使膨润土地质找矿工作相应地深入开展。近年来在我区邻省甘肃红泉和陕北等地二叠纪煤系中,先后找到了膨润土矿,为便于对比,本文结合甘肃红泉膨润土的发现及其成矿条件,对我区膨润土成矿的可能性及其找矿方向作概略介绍,仅供参考。

红泉膨润土主要成矿地质特征

红泉膨润土原定为产于二叠系的粘土矿,自1979年地矿部召开膨润土地质、实验工作会议以来,甘肃局的同志认为红泉粘土有可能是膨润土。经采样调查,甘肃局兰州中心实验室

收稿日期 1990-06-15.

K—Ar 年龄和 Ar—Ar 年龄测定。并测定了一批第四纪 K—Ar 样品,年龄 0.1—1.4 Ma 效果很好;③桂林所黄新华等采用国产阳离子交换树脂提取出较纯净的 Rb,分离 Fe、Al、Ca、Mg 等干扰元素,提取了高纯净的质谱分析铷样品,适用于方解石、磷灰石、萤石、重晶石等不含 K、Al 的矿物中低 Rb 的分离。解决了过去由于钾分离不干净在质谱分析点样时的溅跳现象,从而提高了分析的准确度和精密性,经生产样品的检验是行之有效的方法。

3.2 微量锆石 U—Pb 年代法及矿物包裹体连测法

微量锆石定年法,由于用量少、可靠程度高,得到了普遍应用。沈阳地矿所曾测试宜昌所的标准样品,结果完全一致。而且对锆石进行分粒级测试,做等时线效果很好。有色矿产地质研究院对矿物包裹体稳定同位素 C、H、O 连测方法的试验研究,也取得满意效果。在同一套玻璃真空中用同一份样品连续制备包裹体稳定同位素 C、H、O 样品,测定 $\delta^{18}\text{C}$ 、 δD 、 $\delta^{18}\text{O}$,流程简单,用样少,提高了效率和测定精度,解决了挑选单矿物难的问题。

目前,全世界都感到了来自资源、环境、自然灾害以及人口问题等方面的压力。因此,国际间出现了许多旨在对地球进行全球性综合研究的组织和计划。其共同的焦点在于研究地球的演化,这是现代地学工作者面临的全球综合性问题,即岩石圈、水圈、大气圈、生物圈联合起来作为一个体系研究的问题。因而不同学科之间的合作和渗透更加深入,参加到全球性综合研究是我国同位素地质学工作的重要使命。

(参考文献略)