

北秦岭褶皱带岩浆活动时代特征及地质意义^{*}

The Ages of Magmatism in North Qinling Fold Belt and Their Geological Significance

黄 萱 孙宝山 潘 均 张仁祜
Huang Xuan, Sun Baoshan, Pan Jun and Zhan Renhu

(中国科学院地质研究所 北京 100029)

(*Institute of geology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029*)

摘 要 本文通过展示截止1994年北秦岭地区岩浆岩的 K-Ar, ^{40}Ar - ^{39}Ar , Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb 谐和图、单颗粒锆石逐级蒸发 ^{207}Pb - ^{206}Pb 等方法同位素年龄结果, 进行综合对比讨论, 从而确定这一地区岩浆活动, 在早元古末期以后多次发生, 直至中生代。它们包括大约 2000Ma、1210~920Ma、822~794Ma、464~360Ma(奥陶纪—早石炭世)、195~105Ma(早侏罗世—白垩纪)等五个地质时期。另外, 根据北秦岭地区岩浆活动对确定变质岩层分层时限的制约的观点, 提出该地区变质岩层划分的五个岩群的时序, 首先是秦岭群(>1700Ma)、然后是宽坪群(1100Ma 前后)、二郎坪群(800Ma 前后)、草滩沟群或丹凤群(450Ma 前后)、中生代岩群(200Ma 前后)等等。它们是在不同时期, 伴随着某一构造运动旋回形成的变质岩层。所展示的年龄资料同时为读者了解各种同位素年代测定方法的适应性, 以及了解在复杂地质构造区域, 如何有效开展同位素年代学研究, 提供有益经验。

Abstract The ages of igneous rocks from North Qinling Fold Belt, measured by the methods of K-Ar, Rb-Sr, U-Pb, ^{40}Ar - ^{39}Ar and Sm-Nd, reveal that the magmatism in this region took place in the following five geological periods: about 2000 Ma, 1210~920 Ma, 822~794 Ma, 464~360 Ma(O-C₁), 195~105 Ma(J₁-K). In addition, there five groups of metavolcanic-metasedimentary rocks in this region were appropriately distinguished, these are Qinling Group (> about 1700Ma), Kuangpin Group (about 1100Ma), Elangping Group (about 800Ma), Caotangou or Danfen Group (about 450Ma), the Group of Mesozoic age (about 200Ma).

主题词 北秦岭褶皱带 岩浆活动 时代特征
Key words: North Qinling Fold Belt; Magmatism; Ages

^{*} 本文于1994年10月12日收到, 1994年12月5日改回。

第一作者简介: 黄萱 男 1940年出生 副研究员 同位素地球化学专业

分类号: P597

Classific. code: P597

1 前言

秦岭褶皱带位于华北地块和扬子地块间的衔接地带, 凤镇-山阳断裂带又将其分割成南北两部分, 北部称为北秦岭褶皱带, 南部称为南秦岭褶皱带。根据现有的 Nd-Sr 同位素资料, 两者的基底有不同的地质发展历史, 在晚古生代才拼接在一起(黄萱等 1990)。北秦岭褶皱带有着复杂的构造演变历史(林潜龙等 1985; 徐贵忠等 1990)。其重叠的构造演变背景, 使得无论是地层、构造, 还是同位素地质年代学研究都变得复杂化。八十年代以来, 这一地区作了大量的同位素地质年代测定。九十年代前后, 数据质量高、方法多样的同位素地质研究成果陆续发表, 内容侧重于地层年代(张宗清等 1994)和基底特征及构造演变(黄萱等 1990)。

关于北秦岭褶皱带变质地层的时代归属, 争议较大。争议的原因, 一方面在于构造运动背景和测定对象十分复杂, 另一方面, 对各种同位素年龄测定方法适应性的认识, 对同位素年龄数据的处理和结果的解释, 需要有个经验积累和认识提高的过程。

目前北秦岭地区同位素年龄资料, 用不同方法测定的数据已十分丰富, 已经到了应该进行总结的时候。同时, 笔者认为, 岩浆岩在成因上比碎屑沉积岩简单, 其形成时代易于解决。由于岩浆活动总是和大的区域构造运动相伴随, 本文总结的北秦岭褶皱带岩浆活动时代特征, 对深入探讨这一地区地壳增长及构造发展历史、解决北秦岭变质地层的时代归属问题, 将起到有益作用。

本文收集并归纳了截止 1994 年发表的北秦岭地区岩浆岩同位素年龄资料, 通过展示包括 K-Ar、 ^{40}Ar - ^{39}Ar 、Rb-Sr、Sm-Nd、U-Pb, 以及单颗粒锆石逐级蒸发 ^{207}Pb - ^{206}Pb 等方法同位素年龄结果, 进行综合对比讨论, 以确定北秦岭褶皱带岩浆活动时代特征。同时为读者了解各种同位素年代测定方法的适应性, 以及了解在复杂地质构造区域, 如何有效开展同位素年代学研究, 提供有益经验。

2 同位素年龄结果

表 1、表 2 和表 3 列出了北秦岭褶皱带岩浆岩 Rb-Sr、U-Pb、Sm-Nd、 ^{40}Ar - ^{39}Ar 等方法同位素年龄测定结果, 它包括火山岩和侵入岩的年龄资料。资料来源已列在参考栏目中, 这里不再重复。表 1 是侵入岩全岩 Rb-Sr、Sm-Nd 等时法和火山岩全岩 Sm-Nd 等时法年龄, 用以说明这一地区岩浆活动的时代。表 2 是变火山岩矿物 Rb-Sr、Sm-Nd 等时法和 ^{40}Ar - ^{39}Ar 等方法的结果, 以便讨论变质作用发生的时间。表 3 主要是 U-Pb 法年龄及其与其它方法结果对比, 借以表明 U-Pb 法年龄的性质。图 1(A)和图 1(B)是根据表 1 和表 2 提供的数据绘制出的同位素年龄谱, 直观说明北秦岭地区岩浆活动和变质作用发生的时间。图 1(C)是这一地区岩浆岩 K-Ar 法年龄结果的图解, 资料引自《全国同位素地质年龄数据汇编》第一至第三集。为了避免和减小由于扣除大气氩不当对年龄数值造成影响, 所选样品的大气氩含量都小于 10%。我们从中共挑选出 95 个 K-Ar 结果。按上述条件挑选出的样品, 几乎都是侵入岩。

3 北秦岭褶皱带岩浆岩同位素年龄的地质含义

关于北秦岭褶皱带岩浆岩同位素年龄的地质含义,可以作如下讨论。

(1) 侵入岩全岩 Rb-Sr、Sm-Nd 等时年龄,火山岩全岩 Sm-Nd 等时年龄,通常可以认为是岩浆岩的形成年龄。自然,所说的全岩等时年龄,必须是真等时线给出的年龄。基于这一考虑,表 1 所列火山岩全岩 Sm-Nd 等时年龄,已经过检查。筛选方法,将在另外文章论述。另外,在洛南-栾川构造线以北采集的陶湾群火山岩,我们将其归入华北地台南缘,不在这里讨论。从表 1 和图 1 我们可以容易地确定,北秦岭地区岩浆活动主要发生在中元古以后。它们包括大约 2000Ma、1210~920Ma、822~794Ma、464~360Ma(奥陶纪—早石炭世)、195~105Ma(早侏罗世—白垩纪)等五个地质时期。其中以中元古晚期至晚元古早期,以及奥陶纪—早石炭世两个时期的岩浆活动最为强烈。

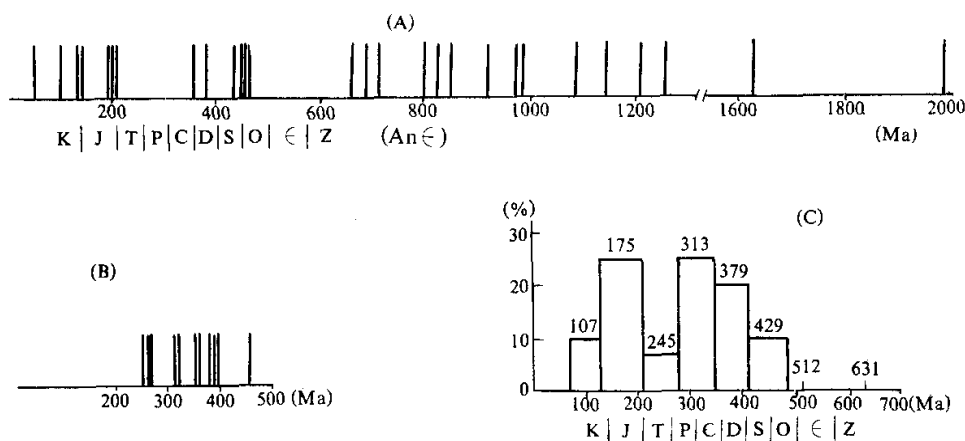


图 1 北秦岭褶皱带岩浆岩同位素年龄频谱

(A)为侵入岩全岩 Rb-Sr、Sm-Nd 和火山岩全岩 Sm-Nd 等时法年龄; (B)为变火山岩矿物 Rb-Sr、Sm-Nd 等时法和

^{40}Ar - ^{39}Ar 等方法年龄; (C)为 K-Ar 法年龄(根据《全国同位素地质年龄数据汇编》第一至第三集中的资料绘制);

(C)图峰顶上数值为年龄均值

Fig. 1 The pictograph of ages of igneous rocks from North Qinling fold belt

(2) 当 Rb-Sr、Sm-Nd 矿物等时年龄小于全岩等时年龄时,矿物等时年龄通常被确认为后期变质作用发生的时间。北秦岭褶皱带岩浆岩同位素年龄中这类例子很多(见表 2)。例如,河南西峡秦岭群斜长角闪岩,全岩 Sm-Nd 等时年龄为 1987Ma,其矿物 Rb-Sr、Sm-Nd 等时年龄以及角闪石 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄变化在 457~263Ma。陕西丹凤秦岭群斜长角闪岩,全岩 Sm-Nd 等时年龄为 978Ma,其矿物 Rb-Sr 等时年龄以及角闪石 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄分别为 386Ma 和 381Ma。陕西商县宽坪群钠长阳起片岩全岩 Sm-Nd 等时年龄为 920Ma,这一地区宽坪群斜长

角闪岩矿物 Sm-Nd 等时年龄以及角闪石⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄分别为 393Ma 和 321Ma。同样地, 陕西洛南、眉县以及甘肃两当等地区火山岩的矿物甚至全岩 Rb-Sr 等时年龄, 都比它们全岩 Sm-Nd 等时年龄小, 都是火山岩的变质年龄。图 1(B)绘出了北秦岭褶皱带火山岩的变质年龄谱, 它们反映了这一地区变质作用发生的时间。表 2 数值显示, 变质作用尤以早泥盆世到晚二叠世(386Ma~265Ma)更为集中。和图 1(A)对比可以看出, 变质作用发生, 主要受古生代岩浆活动的影响, 在岩浆活动结束后, 还持续了大约 100Ma 时间。

表 1 北秦岭褶皱带岩浆岩形成时代同位素年龄

Table 1 The intrusive ages of igneous rocks from Noth Qinling fold belt

采样地点	岩石名称	测定对象及方法	年龄 (Ma)	资料来源
河南西峡	秦岭群斜长角闪岩	全岩 Sm-Nd 等时法	1987(7.3)	4
河南蛇尾	石榴石角闪片岩	全岩 Sm-Nd 等时法	1210(5.8)	2
陕西洛南	宽坪群斜长角闪岩	全岩 Sm-Nd 等时法	1142(4.2)	4
河南南召	宽坪群斜长角闪岩	全岩 Sm-Nd 等时法	1085(5.8)	4
陕西商南	石榴斜长角闪岩	矿物 Sm-Nd 等时法	983(6.8)	6
陕西丹凤	秦岭群斜长角闪岩	全岩 Sm-Nd 等时法	978(4.7)	4
陕西商县	宽坪群钠长阳起片岩	全岩 Sm-Nd 等时法	920(4.5)	4
陕西眉县	斜峪关群变质火山岩	全岩 Sm-Nd 等时法	950(2.5)	4(重新处理)
河南峡县	二郎坪群细碧岩	全岩 Sm-Nd 等时法	822(6.3)	4
河南西峡	似斑状黑云二长花岗岩	全岩 Rb-Sr 等时法	794(0.7220)	2
河南南召	二郎坪群细碧岩	全岩 Sm-Nd 等时法	450(3.0)	4(重新处理)
陕西商县	变粒岩	全岩 Rb-Sr 等时法	464(0.7078)	4
陕西洛南	正长斑岩	全岩 Rb-Sr 等时法	455(0.7160)	4
河南西峡	二云母二长花岗岩	全岩 Rb-Sr 等时法	452(0.7293)	2
陕西丹凤	灰池子混合花岗岩	全岩 Rb-Sr 等时法	382(0.7062)	1
陕西丹凤	枣园混合花岗岩	全岩 Rb-Sr 等时法	360(0.7068)	3
陕西洛南	莽岭斑状黑云母花岗岩	全岩 Rb-Sr 等时法	195(0.7081)	1
河南栾川	合峪花岗岩全岩	Rb-Sr 等时法	110(0.7100)	1
河南栾川	老君山似斑状花岗岩	全岩 Rb-Sr 等时法	105(0.7066)	1

年龄值后面括号内的数值, 对于 Sm-Nd 法是 $\epsilon_{Nd}(t)$, 对于 Rb-Sr 法是 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ 。资料来源依次分别引自: 1. 尚瑞钧、严阵(1988); 2. 陈能松等(1991); 3. 黄萱等(1990); 4. 张宗清等(1994); 5. 陈能松等(1990); 6. 李曙光等(1991); 7. 陕西省地矿局区调队(1992)①; 8. 谢红接(1993)②; 9. 朱铭(1995)。

(3) 锆石具有很好的热稳定性和化学稳定性。考虑到不少中酸性和酸性岩浆岩, 其物质来源是部分熔融的下部地壳岩石, 因此, 锆石的同位素年龄, 无论是 U-Pb 谐和图法还是单颗粒锆石逐级蒸发法获得的年龄, 其地质含义, 必须和其它年代学方法相互配合才能确定。例如, 表 3 中河南栾川陶湾群变基性粗面岩单颗粒锆石逐级蒸发法获得的年龄为 800Ma 和 2689Ma, 和全岩 Rb-Sr、Sm-Nd 等时年龄 660Ma 和 682Ma 相差甚远, 单颗粒锆石给出的不是

① 陕西省地质矿产局区域地质调查队, 1992. 秦岭群同位素年龄数据的辨析和验证(专题报告)。

② 谢红接, 1993. 北秦岭花岗岩伟晶岩型 U 矿床地球化学特征、成矿成岩机理研究, 核工业部北京地质研究院硕士研究生毕业论文。

表 2 北秦岭褶皱带岩浆岩变质时代同位素年龄

Table 2 The metamorphism ages of igneous rocks from Noth Qinling fold belt

序号	采样地点	岩石名称	测定对象及方法	年龄 (Ma) *	资料来源 **
1	河南西峡	秦岭群斜长角闪岩	全岩 Sm-Nd 等时法	1987(7.3)	4
2	河南西峡	秦岭群斜长角闪岩	矿物 Sm-Nd 等时法	457(-2.9)	4
3	河南西峡	秦岭群斜长角闪岩	矿物 Rb-Sr 等时法	263(0.7266)	4
4	河南西峡	秦岭群斜长角闪岩	角闪石 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$	361	4
5	河南西峡	秦岭群斜长角闪岩	角闪石 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$	353	5
6	陕西丹凤	秦岭群斜长角闪岩	全岩 Sm-Nd 等时法	978(4.7)	4
7	陕西丹凤	秦岭群斜长角闪岩	矿物 Rb-Sr 等时法	386(0.7089)	4
8	陕西丹凤	秦岭群斜长角闪岩	角闪石 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$	381	4
9	陕西商县	宽坪群斜长角闪岩	全岩 Sm-Nd 等时法	920(4.5)	4
10	陕西商县	宽坪群斜长角闪岩	角闪石 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$	321	4
11	陕西商县	宽坪群斜长角闪岩	矿物 Sm-Nd 等时法	393(3.6)	4
12	陕西洛南	宽坪群斜长角闪岩	全岩 Sm-Nd 等时法	1142(4.2)	4
13	陕西洛南	宽坪群斜长角闪岩	矿物 Rb-Sr 等时法	265(0.7071)	4
14	陕西眉县	斜峪关群变质火山岩	全岩 Sm-Nd 等时法	847(2.1)	4
15	陕西眉县	斜峪关群火山岩	全岩 Rb-Sr 等时法	294~239	4
16	甘肃两当	草滩沟群变质火山岩	全岩 Sm-Nd 等时法	1256(5.9)	7
17	甘肃两当	草滩沟群变质火山岩	全岩 Rb-Sr 等时法	317(0.7061)	7

上角 *, ** 同表 1.

表 3 北秦岭褶皱带岩浆岩 U-Pb 法同位素年龄和其它同位素结果对比

Table 3 The comparison between isotopic ages of igneous rocks from Noth Qinling fold belt by U-Pb and other isotopic methods

采样地点	岩石名称	测定对象及方法	年龄 (Ma) *	资料来源 **
河南栾川	陶湾群变基性粗面岩	全岩 Sm-Nd 等时法	682(-3.8)	4
河南栾川	陶湾群变基性粗面岩	全岩 Rb-Sr 等时法	660(0.7061)	4
河南栾川	陶湾群变基性粗面岩	单颗粒锆石逐级蒸发	800; 2689	4
陕西丹凤	枣园混合花岗岩	全岩 Rb-Sr 等时法	360(0.7068)	3
陕西丹凤	枣园肉红色黑云母花岗岩	锆石 U-Pb 谐和图	361(下交点, 样品落点)	4
陕西丹凤	枣园灰白色黑云母花岗岩	锆石 U-Pb 谐和图	361(下交点, 样品落点)	4
陕西丹凤	枣园混合花岗岩	黑云母 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$	358	9
陕西商县	丹凤群变质火山岩	全岩 Rb-Sr 等时法	383(0.7060)	4
陕西商县	丹凤群变质火山岩	锆石 U-Pb 谐和图	388(下交点, 样品落点)	4
陕西丹凤	留仙坪混合岩	锆石 U-Pb 谐和图	439(上交点, 样品落点)	4
陕西丹凤	王家庄花岗岩	锆石 U-Pb 谐和图	403(上交点)	4
陕西商南	光石沟花岗伟晶岩	晶质铀矿及共生矿物 U-Pb 等时法	426	9
陕西商县	变粒岩	全岩 Rb-Sr 等时法	464(0.7078)	4
陕西商县	变粒岩	单颗粒锆石逐级蒸发	424	4

上角 *, ** 号同表 1.

岩浆岩的结晶年龄,而是源区岩石的古老信息。又如,陕西洛南正长斑岩全岩 Rb-Sr、Sm-Nd 等时年龄分别为 455Ma 和 437Ma,单颗粒锆石逐级蒸发法给出的年龄却是 2662Ma,获得的也是源区岩石古老历史的信息。上述栾川陶湾群变基性粗面岩和洛南正长斑岩 Sm-Nd 法,分别给出 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 为 -3.8 和 -6.0,从而证实岩浆物质确实来自基底岩石。锆石 U-Pb 谐和图法上下交点的性质,也得具体地分析,并和其它方法相验证。例如,表 3 中留仙坪岩体,样品点在谐和图上,几乎落在一致线的上交点位置,给出了岩体的形成时间。表 3 中枣园岩体,样品点在谐和图上几乎落在一致线的下交点上,也同样给出了岩体的形成时间。上述两例子中获得的 U-Pb 年龄,和岩体的全岩 Rb-Sr 等时年龄十分一致,可以相互验证。

(4) 关于 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄的含义,许多例子表明,斜长角闪岩角闪石 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄,通常反映基性火山岩发生角闪岩相变质作用的时间。表 2 中这类例子很多。例如,河南西峡秦岭群斜长角闪岩、陕西丹凤秦岭群斜长角闪岩、陕西商县宽坪群钠长阳起片岩,它们的全岩 Sm-Nd 等时年龄分别为 1987Ma、978Ma、920Ma,而角闪石 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄分别是 361Ma、353Ma、381Ma、321Ma,与矿物的 Sm-Nd、Rb-Sr 等时年龄结果 457Ma、263Ma、386Ma、393Ma 相当,都给出基性火山岩发生角闪岩相变质作用的时间。说明所测定的角闪石是变质作用的产物。

和变火山岩情况不同,侵入岩的角闪石和云母 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄,通常能够反映岩体的形成时间。例如,陕西丹凤枣园混合母花岗岩,其黑云母 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄 358Ma,和锆石 U-Pb 谐和图法年龄 361Ma 和 382Ma、以及全岩 Rb-Sr 等时年龄 360Ma 十分符合,给出的是岩体侵位时间。说明所测定的矿物是岩体结晶时形成的矿物。

(5) 在造山带,变火山岩和变沉积岩的矿物 K-Ar 年龄,通常反映变质作用发生的时间。前面有关变火山岩 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄测定实例,已经说明了这一点。然而,侵入岩的情况则有所不同,若选择适宜的矿物,一些结果仍然可以反映侵入岩的大体形成时代。

北秦岭地区古生代—中生代侵入岩,用 K-Ar 法获得的结果(图 1C),和用其它方法获得的结果(图 1A)十分相似,呈现高潮和低潮。第一高潮期是在古生代,K-Ar 法年龄高潮区间较其它方法滞后近 100Ma,与由 Rb-Sr、Sm-Nd 矿物等时年龄相一致(见图 1.B)。这是云母类矿物 Ar 保留温度较全岩中 Rb-Sr、Sm-Nd 封闭温度较低所致,同时也反映出该地区变质作用发生的时间。侵入岩 K-Ar 年龄的上述两种特征,说明了它既有反映侵入体大体形成时间的一面,也反映了有的受到后期变质作用影响的一面。前者,矿物中 Ar 的存留,仅仅受岩体自身慢冷却的控制,后者,Ar 的存留,还同时受区域构造运动的影响。北秦岭地区古生代—中生代侵入岩 K-Ar 年龄结果的第二高潮期,是在中生代早侏罗世—白垩纪。K-Ar 年龄的低潮期是在三叠纪,而全岩 Rb-Sr、Sm-Nd 等时法年龄的低潮期则是从二叠至三叠纪。北秦岭地区古生代—中生代岩浆活动高低潮特征,为了解这一时期在这一地区发生的构造变动,提供了重要线索。

4 北秦岭地区岩浆活动对变质岩层时限确定的制约

关于东秦岭地区变质地层的时代,历来存有争议。从表 1 可以看出,所列举的几个已命名的变质岩地层(群),无一不具有数个数值相距甚远的同位素年龄值的特征。以往或者是怀疑或者是回避其它年龄数值,以认定某一年龄值把某变质岩层(群)归属于所认可的时代,或

者是将其支解,并命名新的地层(群)。在具复杂构造运动背景的造山带,上述办法虽然有其合理性,但这样做,仍然难以对争论双方所掌握的全部定年数据,及区域构造旋回资料做出诸方都满意的解释,致使争论无止境地继续着。本文根据北秦岭地区岩浆活动分期来解决变质地层的划分及其时限,理由如下:

(1) 北秦岭地区岩浆活动特别是火山活动的时代,其意义不仅仅在于它限定了围岩地层的上限年龄,更重要的是,它有助于确定特定变质岩地层(群)的时限,这一原则已为大家公认。因为变质岩地层(群)的划分,主要根据区域构造运动的旋回规律,而造山带的大地构造运动,通常没有例外地都伴随着岩浆活动的发生。因此,确定了造山带地区具代表性的岩浆岩的时代,变质岩地层(群)的时限也就易于认定。

(2) 基于上述拟定的思路,由于北秦岭褶皱带可以区分出 2000Ma 前后、1210~920Ma、822~794Ma、464~360Ma、195~105Ma 等五个岩浆岩活动期,相当于该地区构造运动发展历史的五个大阶段。由此判断,这一地区可以划分出五个变质岩地层(群)的时限。考虑到北秦岭褶皱带是在 1600Ma 前后,从华北地台区分裂出来,因此,这一地区变质岩地层(群)的时限的划分,首先是大于 1700Ma,然后是 1100Ma 前后、800Ma 前后、450Ma 前后、200Ma 前后等五个时期。相应的地层(群)名称沿用前人的研究结果,可以是秦岭群、宽坪群、二郎坪群、草滩沟群或丹凤群、中生代变质岩层(群)等等。其中的秦岭群,可视为北秦岭褶皱带的基底。

(3) 鉴于所划分的变质岩地层(群),实际上是在一个时间区间内,伴随着某一构造运动旋回形成的一套地层。而区域构造运动波及范围广,同一时间在不同古地理环境里形成的地层,其岩石组合及建造也就不同。因此,用岩石地层对比方法判别岩群是否属于同一时代,具有不确定性。另外,同一地区不同时期的造山运动,由于可能再现类似的古地理环境,所形成的地层,其岩石组合也可以类似。这同样会导致,用岩石地层对比方法判别变质岩地层(群)时代的不确定性。因此,在具多重性造山运动特征的造山带,用岩石地层对比方法判别变质岩地层(群)的时代,须要有其它方法旁证方属可靠,不能作为变质岩地层时代判别的主要依据。

(4) 用同位素地质年代学确定某一变质岩地层的上下时限,是地层学研究的重要内容。在非造山带,比较容易实现,在造山带困难则比较大。原因在于,变质岩地层的岩石,除了构造运动高峰期发生的岩浆岩,易于用同位素地质年代学确定年龄之外,其中的沉积地层,由于物质来源复杂,各种现有的年代学方法都难以凑效。各种 Rb-Sr、U-Pb、Pb-Pb、Sm-Nd、K-Ar 等时法,可能由于测定样品同位素初始值的不均一,或者可能由于测定样品来自不同时代的地层,勉强拟合,往往得到的是混合线,给出没有地质意义的年龄。U-Pb 协和图法及单颗粒锆石逐级蒸发法,难以确定是源区岩石的年龄或沉积岩形成年龄。同样的问题也存在于 K-Ar 和 ^{40}Ar - ^{39}Ar 方法年龄测定。所以,在具多重性造山运动特征的东秦岭造山带,笔者不是首先去罗列前人已获得同位素地质年龄数据,以说明地层的时代,而是提出应用岩浆岩的同位素地质年龄资料,确定存在多少个变质岩地层(群)及其大致的时限。更细节的内容,由于工作量巨大且涉及面广,留待以后由多学科研究人员共同解决。

5 结 论

根据上述讨论可以得出下面结论:

(1) 北秦岭地区岩浆活动主要发生在中元古以后。它们包括大约 2000Ma、1210~920Ma、822~794Ma、464~360Ma(奥陶纪—早石炭世)、195~105Ma(早侏罗世—白垩纪)等五个地质时期。其中以中元古晚期至晚元古早期, 以及奥陶纪—早石炭世两个时期的岩浆活动最为强烈。

(2) 北秦岭地区变质作用, 虽然根据变火山岩矿物 Rb-Sr、Sm-Nd 等时法和 ^{40}Ar - ^{39}Ar 等方法的年龄测定结果, 集中在古生代, 尤以早泥盆世到晚二叠世(386Ma~265Ma)集中。考虑到变质作用通常和岩浆活动紧密伴生, 这一地区变质作用, 自然是多期的。这一点在北秦岭地区变沉积岩同位素年龄资料中不难看到。

(3) 各种同位素年龄测定方法有其自身特点, 可以相互配合以确定年龄结果的地质含义。同时, 还应该重视地质佐证。

(4) 根据北秦岭地区岩浆活动时代, 北秦岭褶皱带的变质岩地层可以划分出五个时限。其名称(沿用前人对变质岩层的命名)及时限如下: 首先是秦岭群(大于 1700Ma), 然后是宽坪群(1100Ma 前后)、二郎坪群(800Ma 前后)、草滩沟群或丹凤群(450Ma 前后)及中生代变质岩(200Ma 前后)等等。

致谢 中国地质科学研究院地质研究所张宗清教授、陕西省地质矿产局区域地质调查队、严阵教授、中国科学院地质研究所朱铭教授, 为本文提供了宝贵的资料, 特此表示感谢。

参 考 文 献

- 万吉等. 1992. 商丹三角区花岗伟晶岩型 U 矿成矿环境及远景评价. 铀矿地质, (5):
- 严阵等. 1985. 陕西省花岗岩. 西安: 西安交通大学出版社. 7~70
- 朱铭. 1995. 秦岭地区花岗岩的 K-Ar 等时年龄和 ^{39}Ar - ^{40}Ar 年龄及其地质意义. 岩石学报, 11(2): 179~192
- 陈能松, 游振东. 1990. 豫西蛇尾秦岭群角闪石 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄谱及其地质意义. 岩石学报, (4): 54~66
- 陈能松, 韩郁菁, 游振东, 孙敏. 1991. 豫西东秦岭造山带核部杂岩 Sm-Nd、Rb-Sr 单晶锆石 ^{207}Pb - ^{206}Pb 计时及其地壳演化. 地球化学, (3): 219~228
- 林潜龙, 石柱曾, 符光宏. 1985. 河南东秦岭板块构造轮廓与矿产分布初探. 中国区域地质, 第 13 辑
- 李曙光, 陈移之, 张国伟, 张宗清. 1991. 一个距今 10 亿年侵位的阿尔卑斯型橄榄岩体: 北秦岭晚元古板块构造体制的证据. 地质评论, 37(3): 235~241
- 陕西省地质矿产局. 1989. 陕西省区域地质志. 北京: 地质出版社. 33~38
- 尚瑞钧, 严阵等. 1988. 秦巴花岗岩. 中国地质大学出版社. 69~105
- 徐贵忠, 王艺芬. 1990. 论东秦岭前寒武纪的构造演化特征. 地质科学, (2): 101~111
- 张宗清, 刘敦一, 付国民. 1994. 北秦岭变质地层同位素年代学研究. 地质出版社. 11~143
- 黄萱, 吴利仁. 1990. 陕西地区岩浆岩 Nd、Sr 同位特征及其与大地构造发展的联系. 岩石学报, (2): 1~11