

东秦岭及邻区壳、幔地球化学分区和演化及其大地构造意义*

张本仁 张宏飞 赵志丹 凌文黎

(中国地质大学地球化学研究所, 武汉 430074)

摘要 通过东秦岭及邻区壳源、幔源和前寒武纪基底岩石 Pb 和 Nd 同位素组成对比研究, 辅以部分微量元素示踪, 探讨了华北陆块南缘、北秦岭、南秦岭及扬子陆块北缘的构造归属, 地壳增生历史及早期上地幔的演化, 进而分析了它们的大地构造意义。

关键词 秦岭造山带 构造-同位素分区 地壳增生 上地幔演化

秦岭造山带代表着华北和扬子陆块之间的会聚带, 华北和扬子陆块原来是不同陆块, 还是同一大陆的裂解部分, 关系着造山带的性质。在以往的工作中, 我们曾通过区域岩石元素地球化学研究, 初步证明华北和扬子陆块的壳、幔具有不同的化学组成特征, 推断两陆块早期是独立发展的陆块, 并探讨了它们的会聚拼合^[1, 2], 但这些结果需经进一步研究检验。

近年, 朱炳泉^[3]以显生宙矿石铅和张理刚等^[4]以中生代花岗岩长石铅的同位素数据为基础, 一致将华北和扬子陆块划归为两个构造-铅同位素省或板块, 指出扬子陆块的壳和幔一致以明显富集放射成因铅而区别于华北的壳和幔, 这些成果为华北和扬子应为不同陆块提供了依据。然而这些研究均属大尺度性质的, 在反映有关秦岭及两陆块缘区细微构造分区方面是存在一些问题的。

为了进一步厘定南、北秦岭的构造归属, 并从区域壳、幔演化的角度来约束造山带的构造发展, 近年我们在东秦岭及相邻华北和扬子陆块缘区, 开展了较详细的同位素填图与化学地球动力学研究。本文着重由同位素填图及陆壳增生和上地幔演化研究结果, 讨论区域构造分区及有关构造发展问题。

研究区包括东秦岭及相邻华北和扬子陆块缘区, 自北而南划分为华北陆块南缘(SNC)、北秦岭(NQ)、南秦岭(SQ)及扬子陆块北缘(NYC), 它们分别以栾川-黑沟断裂、商丹主缝合带和阳平关-大巴山弧形断裂为界。这 4 个构造单元的主要前寒武纪基底地层分布见图 1。

1 华北与扬子陆块缘区 Pb 和 Nd 同位素特征及壳、幔演化

邻接东秦岭的华北陆块南缘(SNC)广泛分布着燕山期花岗岩(120~145 Ma)及中酸性斑岩(130~150 Ma), 它们在长石 Pb 同位素平均组成上基本同张理刚等(1995)所划分的“华北板

1995-10-31 收稿, 1996-01-16 收修改稿

*国家自然科学基金、国家教委博士点基金、壳幔体系组成、物质交换及动力学开放实验室资助项目

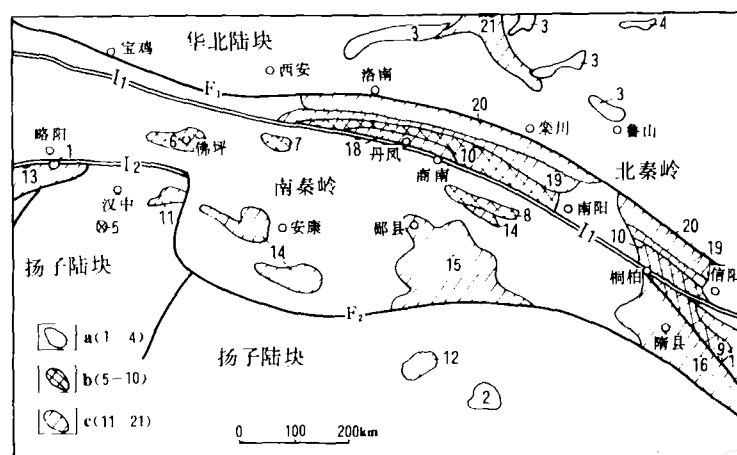


图 1 东秦岭及邻区构造单元和主要前寒武纪基底岩群分布略图

I_1 ——商丹主缝合带, I_2 ——勉略缝合带, F_1 ——南川—黑沟断裂, F_2 ——阳平关—大巴山弧形断裂. a. 新太古代基底岩群: 1—鱼洞子群(YDZ), 2—控岭群(KL), 3—太华群(TH), 4—登封群(DEF); b. 古元古代岩群: 5—后河群(HH)和火地垭群(HDY), 6—佛坪杂岩(FP), 7—小磨岭杂岩(XM), 8—陡岭群(DL), 9—桐柏群(TB), 10—秦岭群(QL); c. 中、新元古代基底岩群: 11—西乡群(XX), 12—神农架群(SNJ), 13—碧山群(BK), 14—耀岭河群(YLH)和郧西群(YX), 15—武当群(WD), 16—随县群(SX), 17—红安群(HA), 18—丹凤群(DAF), 19—二郎坪群(EL), 20—宽坪群(KP), 21—熊耳群(XE)

块秦岭—北淮阳—胶东(A3-2)亚省”的中生代花岗岩长石相一致(表 1). SNC 汝阳第三纪玄武岩与华北陆块内部河北汉诺坝及山西大同第三纪玄武岩也具有近似的低 Pb 同位素比值, 这表明 SNC 与华北陆块整体是一致的, 中、新生代以来, 壳、幔均以相对贫放射成因 Pb 为特征. 由表 1 与图 2 和图 3 可见: SNC 新太古代太华群(高级变质区, 代表下地壳)的斜长角闪岩、片麻岩和伟晶状混合岩及新太古代登封群(花岗岩—绿岩区)、古元古代安沟群和中元古代熊耳群的玄武岩也均显示低的 Pb 同位素比值, 表明深部地壳也是贫放射成因铅的. 因此, SNC 应为华北构造—Pb 同位素省的组成部分.

扬子陆块北缘在邻接东秦岭的范围内未见中生代花岗岩产出, 只能借助东面鄂东南和赣西北的燕山期花岗岩长石 Pb 的数据. 那里燕山期花岗岩长石 Pb 平均同位素成分同张理刚等(1995)所划分的“北扬子亚省(B2-2)”中生代花岗岩长石铅(剔除了原来包括的南秦岭花岗岩数据)基本相同, 并明显较 SNC 燕山期花岗岩类长石富放射成因铅(表 1 和图 1). 赣北地区中、新元古代基底变火山岩显示同该区花岗岩长石相一致的 Pb 同位素组成, 表明基底源区对花岗岩 Pb 同位素组成的控制. 邻接东秦岭的鄂西古—中元古代神农架群变玄武岩, 虽然 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{Pb}$ 比值较赣北基底略偏低, 但 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Pb}$ 比值是相近的. 然而扬子北缘西段后河群和西乡群变玄武岩却具有明显高于东段基底的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Pb}$ 比值, 反映出西段和东段基底的差异. 扬子陆块东段大冶和江陵地区白垩纪和第三纪玄武岩, 及西段四川甘洛和会理地区二叠纪玄武岩具有较华北第三纪玄武岩明显高的 Pb 同位素比值, 并同中生代花岗岩和元古宙基底岩石所代表的扬子地壳 Pb 同位素组成相接近. 由玄武岩的数据看, 扬子西段上地幔也较东段上地幔略富放射成因铅, 只是差异不似基底差异那样大(表 1). 代表扬

子陆块下地壳的新太古代崆岭群具有贫放射成因铅的特征,其平均组成点落在华北基底铅的范围内(图2),但考虑到邻近崆岭群出露区的江陵地段上地幔,明显较华北上地幔富放射成因铅以及崆岭群变质已高达角闪岩相至麻粒岩相,其放射成因铅低应是变质造成的U和Th强烈丢失所致。然而,扬子西部代表下地壳的高角闪岩相-麻粒岩相康定杂岩却相对富铀铅(钍铅未测定)。因此,邻接东秦岭的扬子陆块北缘应属扬子构造-Pb同位素省的组成部分。

表1 各构造单元基底岩石与花岗岩类长石铅平均同位素组成

构造单元与岩石或矿物	样品数	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	数据来源 ^{a)}
华北陆块南缘(SNC)					
新太古代太华群(TH)变拉斑玄武岩	3	17.547	15.490	37.652	本文, (1)
新太古代太华群(TH)片麻岩	3	17.271	15.455	37.562	本文, (1)
太华群伟晶状混合岩	2	16.635	15.198	36.372	(1)
新太古代登封群(DEF)变拉斑玄武岩	1	17.267	15.351	37.342	本文
古元古代安沟群(AG)变玄武岩	2	16.126	15.265	37.099	本文
中元古代熊耳群(XE)变玄武岩	2	16.279	15.363	36.047	本文
中生代长石	26	17.479	15.427	37.799	本文, (2)
A3-2 中生代长石 ^{b)}	86	17.460	15.481	37.965	(3)
河南汝阳晚第三纪玄武岩	2	17.510	15.477	37.490	本文
汉诺坝-大同晚第三纪玄武岩	8	17.533	15.378	37.495	(4)
北秦岭(NQ)					
古元古代秦岭群(QL)变镁铁质岩	4	18.483	15.625	38.359	本文, (5)
古元古代秦岭群(QL)片麻岩	9	18.114	15.601	38.343	(6)
秦岭群(QL)大理岩黄铁矿	4	18.312	15.571	38.168	本文
中元古代宽坪群(KP)变拉斑玄武岩	2	18.775	15.774	39.105	本文
Pt ₃ -Pz ₁ 丹凤群(DAF)变玄武岩	11	18.383	15.539	38.136	(7, 8)
Pt ₃ -Pz ₁ 二郎坪群变玄武岩	3	18.233	15.542	38.460	本文, (8)
Pz ₁ 斜峪关、云架山、草滩沟群变火山岩	3	18.716	15.614	39.036	(8)
桐柏镁铁质麻粒岩	2	18.291	15.456	38.259	(9)
新元古代蛇绿岩中变拉斑玄武岩	6	18.462	15.579	38.239	本文
新元古代蛇绿岩中变方辉橄榄岩	1	18.248	15.699	38.441	本文
新元古代长石(670~659 Ma)	4	18.285	15.676	38.327	本文
早古生代长石(450~380 Ma)	8	18.208	15.542	38.095	本文, (10)
晚古生代-早中生代长石	8	17.617	15.442	37.658	本文
燕山期长石	4	17.852	15.537	38.193	本文
南秦岭东段(SQE)					
古元古代陡岭群(DL)	2	17.987	15.555	38.205	本文
中元古代武当群、耀岭河群和郧西群变火山岩	21	17.807	15.479	38.330	本文, (11)
新元古代长石	3	17.330	15.450	37.446	本文
早古生代长石	3	17.479	15.441	37.406	本文
晚古生代-早中生代长石	13	17.701	15.478	37.830	本文
南秦岭西段(SQW)					
中元古代碧口群(BK)变玄武岩	3	18.438	15.597	38.999	本文
新元古代煎茶岭变橄榄岩	4	18.669	15.634	38.318	(12)
勉略 D-T 蛇绿岩中(岛弧型)玄武岩	3	18.423	15.586	38.371	本文
勉略 D-T 蛇绿岩中(MORB 型)玄武岩	4	17.996	15.564	37.812	本文
甘肃礼县中生代(200 Ma)长石	3	18.487	15.699	38.578	(3)
煎茶岭中生代花岗岩岩	2	18.495	15.604	38.070	(12)

表 1(续)

构造单元与岩石或矿物	样品数	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	数据来源 ^{a)}
扬子陆块北缘东段 (NYCE)					
赣北 (东秦岭以外) 中、新元古代变火山岩	10	18.053	15.589	38.239	(13)
占、中元古代神农架群 (SNJ) 变玄武岩	3	17.824	15.509	38.660	本文
鄂东南和赣西北 (东秦岭以外) 中生代 (150 Ma) 长石	10	18.038	15.580	38.398	(3), (14)
B2-2 中生代长石 (不包括南秦岭样品) ^{b)}	59	18.058	15.558	38.350	(3)
鄂东南大冶、江陵白垩纪、晚第三纪玄武岩	2	18.108	15.486	38.487	(3)
扬子陆块北缘西段 (NYCW)					
新太古代 - 古元古代后河群 (HH) 变玄武岩	2	18.683	15.558	39.693	本文
中元古代西乡群 (XX) 变玄武岩	2	18.359	15.473	38.423	本文
四川甘孜、会理二叠纪玄武岩	2	18.266	15.667	38.716	(15)

a) (1): 李英 (1990), (2): 黄典豪 (1985), (3): 张理刚等 (1995), (4) 解广震等 (1988), (5) 胡鹏云 (1990), (6): 游振东 (1987, 未刊), (7): 张旗等 (1995), (8): 张珠福 (1995), (9): 朱炳泉 (1992, 内部报告), (10): 谢红菱 (1993), (11) 王寿琼 (1993), (12): 陈民扬等 (1994), (13): 朱贤甲 (1986, 内部报告), (14): 孟良义 (1993), (15) 管士平 (1987, 内部报告),

b) A3-2 和 B2-2 分别为张理刚等 (1995) 所划秦岭 - 北淮阳 - 胶东和北扬子构造 - 铅同位素亚省

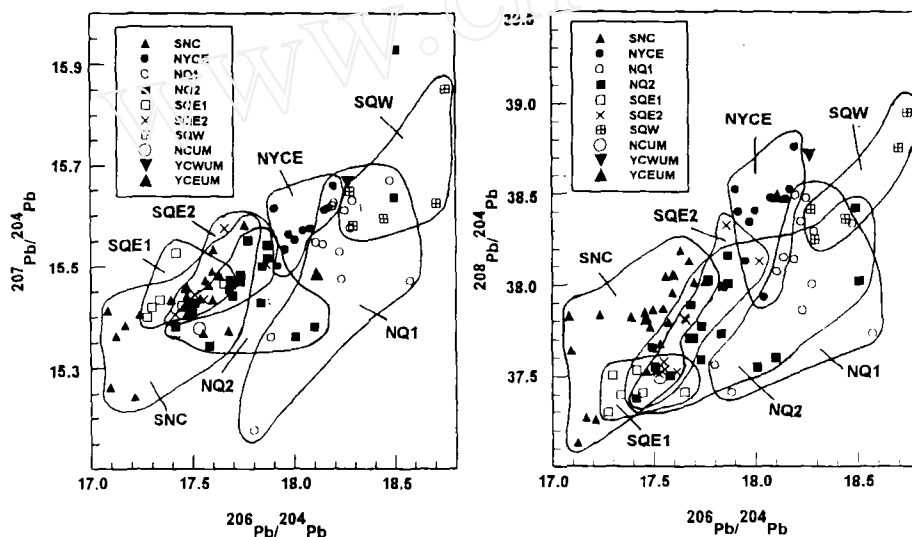


图 2 东秦岭及邻区花岗岩类长石及有关岩石的 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图
 SNC——华北陆块南缘中生代花岗岩和斑岩类长石, NYCE——扬子陆块北缘东段中生代花岗岩类长石, NQ1——北秦岭新元古代和早古生代花岗岩类长石, NQ2——北秦岭晚古生代 - 早中生代及燕山期花岗岩类长石, SQE1——南秦岭东段新元古代和早古生代花岗岩类长石, SQE2——南秦岭东段晚古生代 - 早中生代花岗岩类长石, SQW——南秦岭西段中生代花岗岩类长石, NCUM——华北陆块上地幔, YCFUM——扬子陆块东段上地幔, YCWUM——扬子陆块西段上地幔

通过壳源岩石 (碎屑岩、变碎屑岩和花岗岩等) Sm-Nd 模式年龄揭示地壳增生历史以及通过幔源岩石 (玄武岩、变玄武岩) 初始 ε_{Nd} 值及其随时代的变化揭示上地幔的性质与演化 (图 4 和图 5), 结果发现华北和扬子陆块在地壳增生历史及早期上地幔性质和演化上均显示出明显的差异。

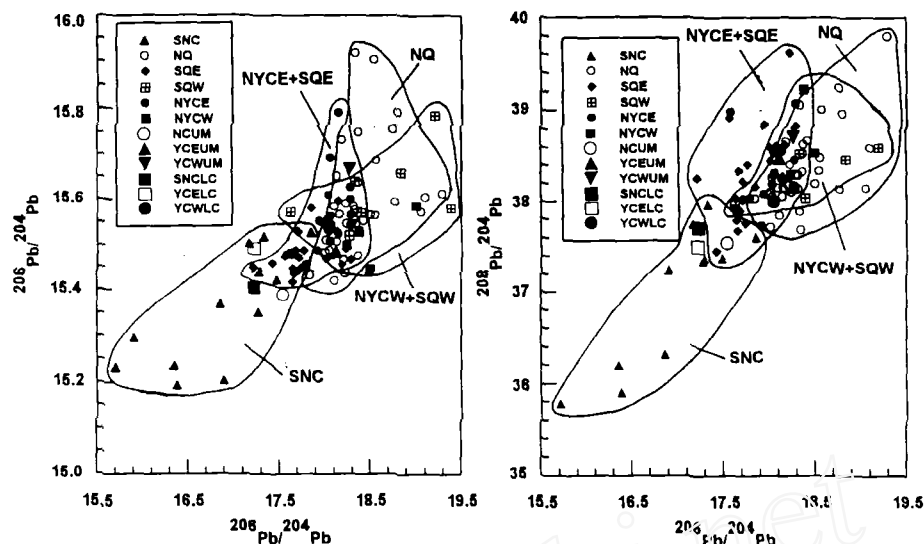


图3 东秦岭和邻区基底岩石及有关岩石的 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图解
 SNC——华北陆块南缘基底岩石, NQ——北秦岭基底岩石, SQE——南秦岭东段基底岩石, SQW——南秦岭西段基底岩石, NYCE——扬子陆块北缘东段基底岩石, NYCW——扬子陆块北缘西段基底岩石, NCUM——华北陆块上地幔, YCEUM——扬子陆块东段上地幔, YCWUM——扬子陆块西段上地幔, SNCLC——华北陆块南缘下地壳, YCEL——扬子陆块东段下地壳, YCWL——扬子陆块西段下地壳

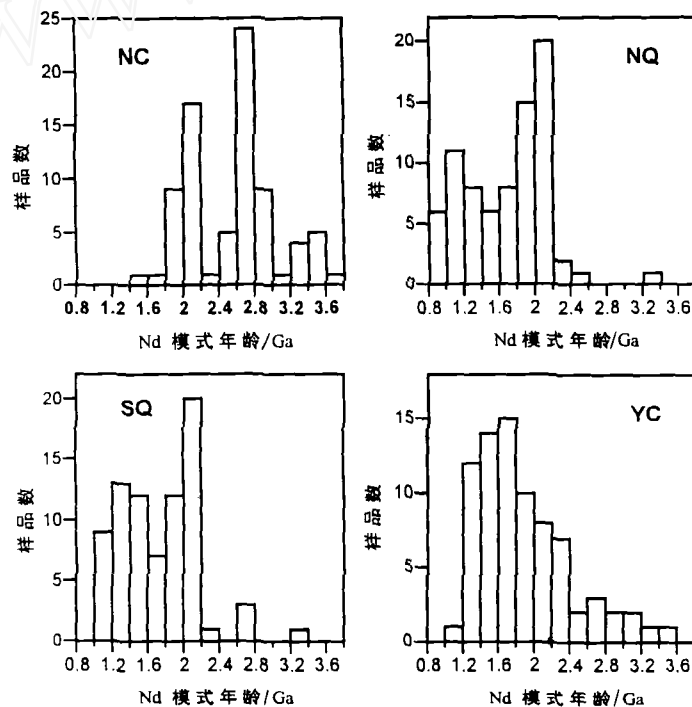


图4 华北陆块(NC)、北秦岭(NQ)、南秦岭(SQ)和扬子陆块(YC)碎屑岩、变碎屑岩、花岗岩等壳源岩石Sm-Nd同位素模式年龄直方图

本图根据张宗清(1991, 1994)、黄董(1990)、孙海田(1994)、乔广生(1987, 1990)、Jahn B. M. (1988)、王寿琼(1994)、马大铨(1991)、冯定犹(1991)、王银喜(1989)、陈江峰(1989, 1993)、凌洪飞(1992)、马长信(1992)、邢凤鸣(1993)、任启江(1991)及本项研究的数据编制。南秦岭因沉积岩的数据少, 加入了部分火山岩数据

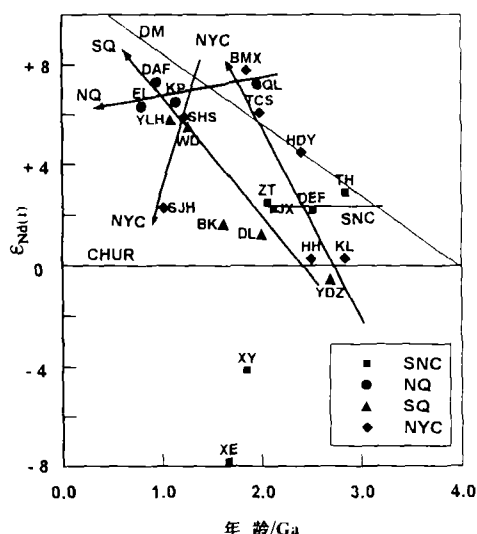


图 5 华北陆块南缘(SNQ)、北秦岭(NQ)、南秦岭(SQ)和扬子陆块北缘(NYC)前寒武纪变质玄武岩 $\epsilon_{Nd}(t)$ 随形成年龄(t)的演化

本图是根据张荫树(1989)、李曙光(1987)、张宗清(1993, 1994)、孙大中(1993)、黄萱(1990)、刘观亮(1987)、马大铨(1990)、夏林圻(1994)及本项研究的数据编制。图中岩石地层代号多数同表 1, 其余: JX——绛县群, ZT——中条群, XY——西阳河群, TCS——铁船山组, BMX——白沔峡组, SHS——三花石组, SJH——孙家河组, CHUR——原始地幔, DM——亏损地幔演化线

扬子陆块岩石 Nd 模式年龄频率分布表明(见图 4), 高频数主要集中于 2.4~1.2 Ga, 峰值见于 1.8~1.4 Ga 区间, 并且模式年龄大于 2.5 Ga 和小于 1.2 Ga 的样品虽有, 但为数不多。这种数据趋势说明, YC 地壳主要形成于古、中元古代, 并以中元古代为最强烈的成壳期, 而在新太古代和新元古代分别只有少量新生地壳形成。NYC 前寒武纪变玄武岩 Nd 同位素特征表明(见图 5), 东部新太古代崆岭群变拉斑玄武岩的初始 ϵ_{Nd} 值为 +0.3, 西部时代为新太古代—古元古代的后河群变玄武岩初始 ϵ_{Nd} 值为 +0.28, 表明当时上地幔性质接近原始状态。自古元古代(火地垭群及其顶部铁船山组)至中元古代(西乡群白沔峡组)变玄武岩的初始 ϵ_{Nd} 值逐步并迅速增大(由 +4.5 增至 +7.8), 表明上地幔快速向亏损增强方向发展, 到中元古代早期达到强亏损状态。然而, 自中元古代晚期(西乡群三花岩组和孙家河组)变玄武岩的初始 ϵ_{Nd} 值又向减少方向发展。华北和扬子陆块壳、幔演化的差异, 同样证明它们应为不同的构造—地球化学省。

2 南秦岭的构造归属及壳、幔演化

南秦岭东段(SQE)基本未见燕山期花岗岩。由陕南东部产出的晚古生代—早中生代碰撞型花岗岩及早中生代花岗闪长斑岩长石看, 它们的 Pb 同位素比值虽然稍稍偏低, 但更接近 NYC 东部鄂东南和赣西北中生代花岗岩长石, 而明显高于 SNC 中生代花岗岩类长石, 并同

华北陆块内壳源岩石 Nd 模式年龄的高频率集中于 3.0~2.5 Ga 和 2.1~1.9 Ga 范围内, 少量分布于 3.5~3.0 Ga 和 1.7~1.4 Ga 间(见图 4), 表明陆壳主体形成于太古代, 占元古代, 并以 2.8 Ga 和 2.0 Ga 左右为强烈增长期, 自中元古代后仅有少量新生地壳形成。从数据看, SNC 与华北陆块内部地壳增长的趋势基本相同, 差异仅为 SNC 只有很少样品的 Nd 模式年龄大于 3.0 Ga。SNC 新太古代太华群和登封群变拉斑玄武岩及古元古代降县群和中条群变玄武岩的初始 ϵ_{Nd} 值变化于 +2.2~+2.9, 表明该地区太古代与古元古代上地幔均处于弱亏损状态。这同李曙光等(1990)及李俊建(1993)研究得出的华北陆块太古代(3.5~2.5 Ga)上地幔都是弱亏损的, 初始 ϵ_{Nd} 稳定于 +3 左右的认识是一致的。SNC 中元古代西阳河群和熊耳群的中基性火山岩, 分别具有 -4.1 和 -7.8 的初始 ϵ_{Nd} 值, 它们的初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 变化于 0.7055~0.7096, 表明火山岩应属幔壳混源成因。故可认为 SNC 地壳发展至中元古代已过渡到以壳内物质再循环为主、新生地壳为辅的阶段。

SQE 元古宙基底岩石铅较一致。后者的 Pb 同位素组成也同 NYCE 的神农架群相近似(表 1 与图 3)。至于 SQE 晚古生代-早中生代花岗岩类长石,较鄂东南和赣西北中生代花岗岩长石略贫放射成因铅,则可能是 NYC 东部(超出东秦岭范围)元古宙基底,较 SQE(陕南)和 NYCE(鄂西)元古宙基底相对富铀铅及 SQE 花岗岩类形成的时代较老综合影响所致。南秦岭西段(镇巴-宁陕一线以西)中元古代碧口群变玄武岩、略阳煎茶岭新元古代变橄辉岩以及勉略蛇绿岩中玄武岩均以异常富集放射成因铅而不同于东段基底,但却与 NYCW 前寒武纪基底相似。这些数据一致表明, SQE 和 NYCE 及 SQW 和 NYCW 应是分别对应的部分,它们东、西段基底的差异是一致的。SQW 甘肃礼县中生代(200 Ma)花岗岩长石铅和略阳煎茶岭中生代花岗岩斑岩铅,也显示出与 SQW 基底岩石同样富集放射成因铅的特征。

SQ 岩石的 Nd 模式年龄的频数分布特征基本与 YC 相同(图 4),高频数集中出现于 2.2~1.0 Ga 范围,峰值见于 2.1 Ga 和 1.4 Ga,只有少量样品的模式年龄大于 2.5 Ga。这表明 SQ 地壳主要形成于古、中元古代,而太古宙的地壳只有少量存在。SQ 变玄武岩的初始 ε_{Nd} 值反映的早期上地幔性质与演化趋势也基本属于扬子类型(图 5),即上地幔于新太古代(鱼洞子群)接近原始地幔性质($\varepsilon_{\text{Nd}}(t) = -0.5$),自古元古代(陡岭群)至中元古代(碧口群、武当群、耀岭河群)随地壳不断增生逐渐并迅速向亏损方向演化。壳、幔演化及 Pb 同位素特征一致,表明南秦岭应属于扬子省。

SQE 花岗岩长石 Pb 的同位素比值,由新元古代(800 Ma \pm)经早古生代(500 Ma 左右)至晚古生代-早中生代,显示出规律增长的趋势。这种正常地壳 Pb 同位素系统演化规律表明,在这期间 SQ 地壳基本处于相对稳定状态,没有发生壳、幔强烈相互作用。这种情况同 SQ 自震旦纪以来就做为扬子陆块的被动大陆边缘而发展的历史相吻合。

3 北秦岭微古陆及其壳、幔演化

NQ 全部元古宙到早古生代岩石铅(包括秦岭群片麻岩、斜长角闪岩、大理岩、宽坪群和丹凤群变玄武岩,二郎坪群火山岩,桐柏大河二辉麻粒岩及松树沟蛇绿岩)及新元古代和早古生代花岗岩长石铅一致显示十分富放射成因铅的特征,它们在 Pb 同位素比值上,基本接近于 SQW 和 NYCW 基底岩石及中生代花岗岩长石,而明显高于 SQE 基底岩石和晚古生代-早中生代花岗岩类长石,更高于 SNC 基底岩石和中生代花岗岩长石(表 1 及图 2 和图 3)。

古元古代秦岭群、中元古代宽坪群、新元古代-早古生代丹凤群和二郎坪群变玄武岩均具有很高的初始 ε_{Nd} 值(+7.6~+6.3),表明 NQ 上地幔在整个元古宙一直处于强亏损状态。这与 SNC 新太古代和古元古代上地幔稳定处于弱亏损状态完全不同,也与 NYC 和 SQ 上地幔于古元古代至中元古代由弱亏损向强亏损演化有所差异。以幔源玄武岩较强不相容元素比值揭示地幔源区化学特征,也证明秦岭群和宽坪群变拉斑玄武岩的 Yb/Hf、Nb/La 和 Th/La 比值(分别为 1.04 和 1.05, 1.03 和 1.01 及 0.181 和 0.143)一致明显高于 SNC 新太古代太华群和登封群变拉斑玄武岩,以及中条地区古元古代变玄武岩的相应元素对的比值(分别为 0.82, 0.52 和 0.76, 0.79, 0.63 及 0.65 以及 0.112, 0.117 和 0.121),表明 NQ 与 SNC 早期上地幔在化学组成上的差异。然而,秦岭群和宽坪群变拉斑玄武岩的上述元素对比值,却同商丹主缝合带中产出的新元古代蛇绿岩块中变拉斑玄武岩的相应元素对比值(分别为 1.236, 1.315 和 0.159)相接近。蛇绿岩的初始 $\varepsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值(+6.8, 据李曙光等, 1991)也同秦岭和宽坪群变拉

斑玄武岩的初始 ϵ_{Nd} 值相近似。这些数据表明,秦岭群、宽坪群和蛇绿岩块的玄武岩具有共同的强亏损型地幔源区。鉴于已有较多的证据肯定松树沟蛇绿岩块属于古洋壳残片性质,因此有理由推断北秦岭应是在亏损型洋幔基础上发展形成的微陆块。

松树沟新元古代蛇绿岩和最近在勉略地区发现的泥盆纪至早三叠纪蛇绿岩,高 Pb 同位素比值方面,完全可同赣东北新元古代蛇绿岩及云南三江石炭-二叠纪蛇绿岩相对比^[9]。东秦岭新元古代蛇绿岩经换算得出的初始 Pb 同位素组成基本上同阿拉伯地盾新元古代蛇绿岩长石铅相近似^[9]。同时,在高 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比值方面东秦岭新、老蛇绿岩也同环地中海带中的蛇绿岩相一致,而与环太平洋带中的蛇绿岩不同^[7]。这些研究结果表明,东秦岭的古洋应同古特提斯洋和更古老冈瓦纳构造域中的洋存在联系^[1]。据此可以推断,北秦岭很可能是扬子陆块北缘古洋壳上发展形成的洋岛型微陆块,在构造上与扬子陆块及其周边洋壳一道属于冈瓦纳构造域。

迄今在 NQ 尚未发现确切的新太古代地质单元。壳源岩石 Nd 同位素模式年龄频率分布(图 4)也说明, NQ 地壳基本形成于元古宙,并以古元古代(2.0 Ga)和新元古代(1.0 Ga)为强烈的成壳期。NQ 在新元古代和早古生代曾为华北陆块活动大陆边缘,这已为众多的地质和地球化学证据所肯定^[11, 9]。NQ 晚古生代和早中生代花岗岩长石的 Pb 同位素比值低于新元古代和早元古代花岗岩长石铅的反常现象(见表 1),反映了活动大陆边中壳、幔的强烈相互作用。

综合上述研究结果可以认为:华北和扬子陆块岩石圈长期具有不同的化学和同位素组成特征,地壳增长历史和上地幔演化也是各异的。它们早期应为独立发展的不同陆块或不同大陆的组成部分。南秦岭基本上属于扬子构造-地球化学省,北秦岭很可能是扬子陆块北部洋壳上形成的微古陆。扬子陆块及其周边洋盆很可能属于古冈瓦纳和古特提斯构造域。南秦岭和扬子陆块北缘东、西段地壳组成差异的原因是尚待研究的问题。

参 考 文 献

- 1 张本仁,骆庭川,高山等. 秦巴岩石圈构造及成矿规律地球化学研究. 武汉:中国地质大学出版社,1994
- 2 Zhang Benren, Lao Tingchuan, Gao Shan *et al.* Geochemical constraints on the evolution of North China and Yangtze blocks. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 1994, 9(4): 405~416
- 3 朱炳泉. 矿石铅同位素三维拓扑图解用于地球化学省与矿种区划. *地球化学*, 1993, 22(3): 209~216
- 4 张理刚,刘敬秀,王可法等. 东亚岩石圈块体地质-上地幔、基底和花岗岩同位素地球化学及其动力学. 北京:科学出版社,1995
- 5 Zhang Qi, Zhou Dejin, Shen Lipu *et al.* Pb isotopic anomaly in ophiolitic and oceanic island basalts, Western Yunan. In: *Mem Lithosph Tect Evol Res*, 1992, (1): 102~106
- 6 Pallister J S, Stacey J S, Ficher L B *et al.* Precambrian ophiolites of Arabia: Geologic setting, U-Pb geochronology, Pb isotope characteristics, and implications for continental accretion. *Precambrian Research*, 1988, 67: 351~366
- 7 Hamelin B, Dupre B, Allegre C J. The lead isotope systematics of ophiolite complexes. *Earth Planet Sci Lett*, 1984, 67: 351~366
- 8 张国伟,张宗清,董云鹏. 秦岭造山带主要构造岩石地层单元的构造性质及其大地构造意义. *岩石学报*, 1995, 11(2): 101~114

1) 许继峰. 中国地质大学博士学位论文