

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

攀西层状基性-超基性岩体的 Sm-Nd 年龄

张宗清

卢记仁

(中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037) (中国地质科学院矿床地质研究所, 北京, 100037)

唐索寒

(中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037)

内容提要 攀西层状基性-超基性岩侵入体富含大型钒钛磁铁矿床, 对其已进行过详细研究。但是岩体的形成时代一直存在争议。本文采用 Sm-Nd 同位素年代学方法对攀枝花、白马、红格岩体的年龄进行了研究。获得的年龄结果表明, 岩体形成于晚海西—印支期, 年龄 283~197 Ma。红格岩体 $283 \pm 38(2\sigma)$ Ma, 白马岩体 $197 \pm 60(2\sigma)$ Ma, 攀枝花岩体上部岩相旋回 $210 \pm 43(2\sigma)$ Ma, 下部岩相旋回 282 Ma 左右。攀西层状基性-超基性岩体与峨眉山玄武岩大致形成于同一时期。

关键词 Sm-Nd 年龄 层状基性-超基性岩侵入体 攀西地区

攀西地区的层状基性-超基性岩体与正长岩类岩体和花岗岩类岩体密切共生, 构成典型的侵入杂岩体群。它们以含大型钒钛磁铁矿床和中型稀有稀土矿床著称。在过去40年中曾对这些岩体和矿床进行过详细的研究和勘探, 取得了一系列重要成果。但是, 关于岩体的形成时代一直存在分歧。大多数研究者认为, 这些层状岩体是在海西—印支期形成的, 并与峨眉山玄武岩喷溢密切相关^[1~6]; 少数研究者认为它们是中元古宙代岩浆活动的产物^[7~9]; 在前一类意见中有人主张岩体形成于海西末期并与玄武岩逐渐过渡。另一种看法是岩体晚于或早于晚二叠世玄武岩。在大量 K-Ar 年龄值的影响下, 多数人倾向于认为它们是在海西早期形成的^[2,6]。

鉴于这些岩体和矿床的形成时代与区域地质发展史、矿床成因乃至区域矿产普查评价都有密切关系, 因此我们对红格、攀枝花和白马3个岩体进行了详细的 Sm-Nd 同位素年代学研究。本文报道了所获得的年龄结果。其 Nd 同位素的意义, 由于篇幅限制, 将另文讨论。

1 地质概况

本文研究的层状基性-超基性岩体产于扬子板块西缘康滇隆起带中段, 属于南北向侵入杂岩带的一部分。岩体分布明显地受南北向断裂带控制(图1)。该区基底地层为古元古代—太古代的康定杂岩和中元古代的会理群、盐边群。在晋宁运动和澄江运动之后, 沉积了稳定的下古生界地台型盖层。其中震旦系观音崖组为石英砂岩—碳酸盐岩建造, 灯影组为碳酸盐岩建造。由于早古生代末期开始的地壳隆起, 本区缺失晚奥陶世至石炭纪地层。但在早二叠世曾一度发生区域性沉降, 沉积了浅海相碳酸盐岩建造。随后, 峨眉山玄武岩大面积喷溢, 假整合覆盖在茅口灰岩之上。它的主要喷发时间为晚二叠世早期, 但可能延续到晚期。在广大地区它下伏于宣威组或龙潭组煤系地层之下, 但在攀西地区直接被上三叠统丙南组或白果湾组假整合覆盖。

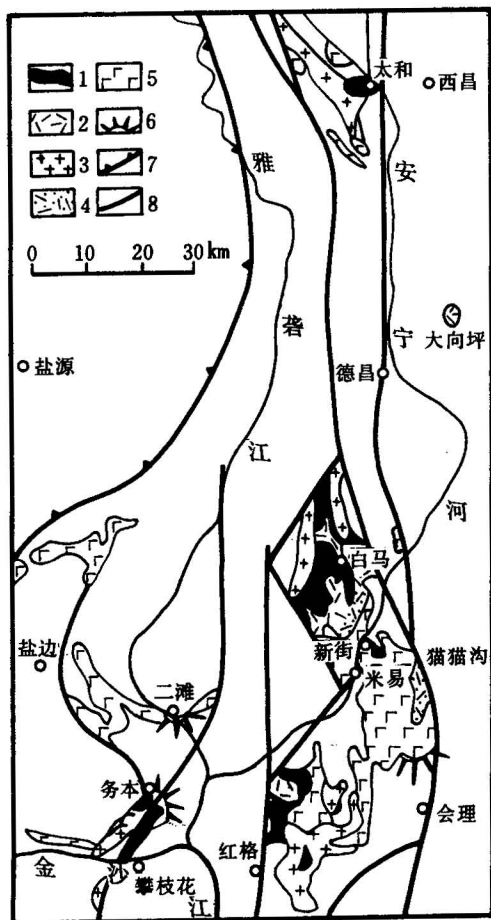


图 1 攀西侵入杂岩体分布图

(据张云湘等^[6]图6~11修改)

Fig. 1 Schematic map showing distribution of magmatic complexes in Panxi, Sichuan

(Based on figures 6~11 of Zhang et al. ^[6])

1—层状基性-超基性岩体; 2—正长岩体; 3—花岗岩体; 4—碱性杂岩体; 5—玄武岩; 6—古火山口; 7—逆冲推覆构造; 8—断层

1—Layered basic-ultrabasic complex; 2—syenite; 3—granite; 4—alkali complex; 5—basalt; 6—ancient crater; 7—thrust-nappe; 8—fault

层状基性-超基性岩体侵位于震旦系灯影组以下地层之中。红格层状基性-超基性岩体主体位于灯影组与基底变质岩层的不整合面上,底部接触围岩为角岩、石英岩、大理岩和片岩。岩体南部中干沟可见辉长岩枝侵入到灯影组白云质灰岩之中。岩体北部则侵入到会理群变质岩系中。岩体中下部夹有大小不等的灰岩透镜体,透镜体夕卡岩化明显。这些侵入接触现象不支持灯影灰岩和层状岩体呈沉积接触,并据此推断层状岩体形成于前震旦纪的意见^[7]。关于岩体底板围岩时代仍有不同认识,有人划入河口群或康定群^[9,10]。冯本智等人认为攀枝花岩体底板围岩属前震旦纪康定杂岩,但是当地的地质学家都认为它属于震旦纪地层^[6,11,12]。

红格层状岩体呈南北向分布,面积约100 km²。岩体北部和西部接触带被正长岩侵入。在靠近西部正长岩的层状岩体一侧,碱性岩脉群沿北东-南西向张裂隙贯入。主要岩脉为碱性正长岩、碱性正长伟晶岩、碱性花岗伟晶岩和钠长岩。它们含有多种稀有-稀土元素矿物,形成烧绿石-锆英石型矿床。在岩体北部安宁村、潘家田一带,碱性岩脉侵入到辉绿辉长岩和玄武岩之中。层状岩体东南部为矮郎河黑云母花岗岩。它与层状岩体及峨眉山玄武岩呈侵入接触。花岗岩体中常见层状岩体及玄武岩捕虏体及顶盖残留体,而且花岗岩岩枝穿插破坏层状岩体和其中的铁矿层。花岗岩体东部和东南部被上三叠统白果湾煤系地层覆盖,其中有花岗岩砾石。

红格层状岩体东北部为峨眉山玄武岩。大黑山玄武岩厚度达180 m,可能是一个喷发中心^[13]。在层状岩体与玄武岩之间常有一套浅成相辉绿-辉长岩体。它们与上覆玄武岩呈渐变过渡关系,但与层状岩体呈侵入接触。此外大量辉绿岩脉,细晶辉长岩脉穿切、破坏含矿层状岩体。它们实际上是浅成辉绿辉长岩体的外延部分,都是峨眉山玄武岩

浆的贯入物。据此判断,红格层状岩体早于峨眉山玄武岩。

攀枝花、白马、太和3个层状辉长岩体均与正长岩和碱性花岗岩密切共生。正长岩体或岩脉侵入、穿插层状岩体现象普遍。攀枝花正长岩位于层状辉长岩体西部,局部穿切峨眉山玄武岩。它与北端务本古火山颈相至碱正长岩和粗面岩可能是同期产物。白马层状辉长岩体顶、底部接触带均为正长岩侵入、破坏,大量正长岩脉贯入到层状岩体之中。太和层状辉长岩体周围和底部都是碱性花岗岩和正长岩。目前,与这些层状杂岩体共生的正长岩、英碱正长岩和碱性花岗

岩之间的相互关系尚不很清楚。它们可能比层状岩体稍晚或大致同期侵入的。在早期文献中曾经提及攀枝花辉长岩局部穿入上三叠统^[14]。太和碱性花岗岩侵入中、上三叠统海相变质地层^[16,17]。然而,攀枝花、太和的正长岩和碱性花岗岩砾石都出现在丙南组和白果湾组砾岩之中。这说明它们可能是印支期产物。

2 样品和分析方法

红格岩体的所有样品都是从钻孔岩心中采集的,涉及各个层位。顶部第Ⅳ旋回样品采自潘家田矿区 ZK2217 钻孔,从 180~886 m。第Ⅲ旋回以下的样品均来自红格北矿区。其中属第Ⅲ旋回的 NE38 样品位于 ZK111 钻孔 98~104m 和 108~112 m。第Ⅱ旋回样品 (NE-40) 位于 ZK111 钻孔 194~200 m 和 204~217 m。第Ⅰ旋回 (NE-24) 位于 ZK117 孔 380~390 m。单矿物钛磁铁矿 (tm) 和普通辉石 (cpx) 是从 NE38 人工重砂分选的;斜长石 (plag) 和磷灰石 (ap) 选自 ZK131 钻孔 67~85 m 瘤状辉长岩稀疏浸染状矿石。

攀枝花岩体的全岩样品分为两部分。兰 37、41、42、51、52 分别采自兰家火山采场的Ⅲ、Ⅴ、Ⅵ、Ⅷ、Ⅸ 矿带。它们为辉长岩或辉长岩型矿石,代表岩体下部旋回。PL105、113、116、118 及兰Ⅱ[±]采自兰尖矿段Ⅱ矿带以上的地表辉长岩,代表岩体的上部旋回。单矿物均从兰家火山Ⅵ矿带的同一岩石样品选出。

白马岩体样品选自 1905 号钻孔的 62 m (Ⅲ 矿带), 302 m (Ⅱ 矿带) 和 620 m (Ⅵ 矿带), 以及Ⅲ 矿带以上的地表辉长岩。

Sm、Nd 含量测定用同位素稀释法完成,分析方法张宗清等已报道。元素分离采用 AG50W × 8(H⁺) 阳离子交换柱和 HDEHP 交换柱。同位素分析仪器 MAT-261 固体同位素质谱计,双带, M⁺ 离子形式,可调多法拉第筒接收器接收。质量分馏用 ¹⁴⁶Nd/¹⁴⁴Nd = 0.7219 校正。BCR-1 分析结果 ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd = 0.512643 ± 8(2σ), GBW04419 ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd = 0.512728 ± 9(2σ)。Sm、Nd

流程空白 ~ 5 ×

10⁻¹¹ g。年龄用

York (1969) 回归

分析法计算。ε_{Nd}(t)

值误差用 Fletcher

和 Rosman 方法计

算。衰常数 λ_{147Sm} =

6.54 × 10⁻¹² a⁻¹。

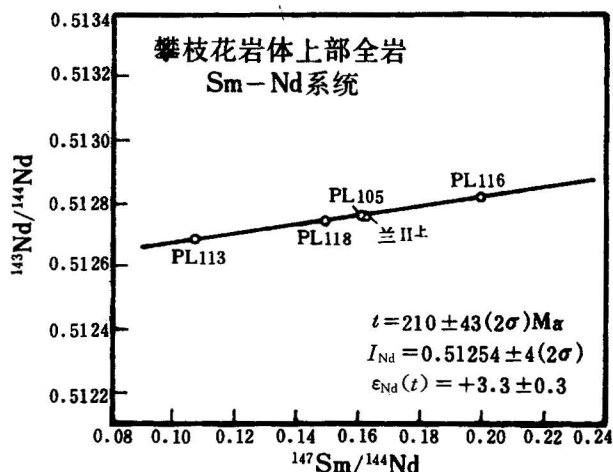


图 2 攀枝花岩体上部辉长岩全岩 Sm-Nd 等时年龄图

Fig. 2 Whole-rock Sm-Nd isochron diagram of the upper gabbros from the Panzhihua basic-ultrabasic intrusion in Panxi, Sichuan Province

表 1 攀枝花岩体上部辉长岩 Sm-Nd 同位素分析结果

Table 1 Sm-Nd isotopic analytical results of the upper gabbros from the Panzhihua basic-ultrabasic intrusion in Panxi, Sichuan Province

样号	岩石类型	Sm(μg/g)	Nd(μg/g)	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	± 2σ
PL105	条带状辉长岩	1.728	6.502	0.1608	0.512762	15
PL113	条带状辉长岩	0.388	2.186	0.1074	0.512688	15
PL116	暗色斜长辉长岩	2.494	7.545	0.1999	0.512823	38
PL118	浅色辉长岩	1.697	6.886	0.1490	0.512736	14
兰Ⅱ [±]	含磷灰石辉长岩	1.749	6.530	0.1620	0.512760	8

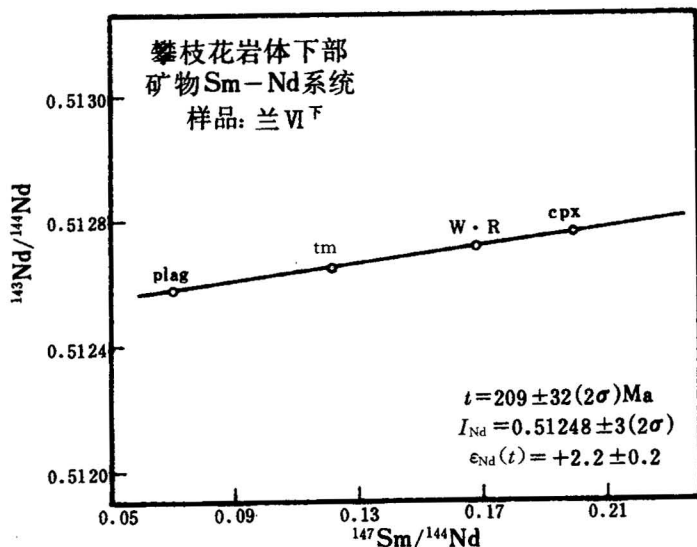


图3 攀枝花岩体下部辉长岩矿物 Sm-Nd 等时年龄图

Fig. 3 Mineral Sm-Nd isochron diagram of the lower gabbros from the Panzhihua basic-ultrabasic intrusion in Panxi, Sichuan province

3 分析结果

3.1 攀枝花岩体

攀枝花岩体上部和下部分属两个岩相旋回,因此对其年龄分别进行了测定。

3.1.1 攀枝花岩体上部辉长岩全岩样品 Sm-Nd 同位素年龄分析结果

采自攀枝花岩体上部的5件辉长岩全岩样品的 Sm-Nd 同位素分析结果列于表1,其等时线图见图2。由图2可见,样品在等时图上呈良好线性分布,形成一条很好的等时线,其等时年龄 $t = 210 \pm 43 (2\sigma) \text{ Ma}$, $I_{\text{Nd}} = 0.51254 \pm 4 (2\sigma)$, $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = 3.3 \pm 0.3$ 。

3.1.2 攀枝花岩体下部辉长岩全岩和矿物样品 Sm-Nd 同位素年龄分析结果

对采自攀枝花岩体下部的6件辉长岩全岩样品和3件矿物样品进行了 Sm-Nd 同位素年龄测定,其分析结果列于表2,其矿物样品的等时线图见图3。由图3可见,由全岩样品兰 VI_下分选的斜长石(plag),钛磁铁矿(tm),单斜辉石(cpx)和全岩样品共同组成一条很好等时线,其年龄 $t = 209 \pm 32 (2\sigma) \text{ Ma}$, $I_{\text{Nd}} = 0.51248 \pm 3 (2\sigma)$, $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = 2.2 \pm 0.2$ 。

攀枝花岩体下部辉长岩全岩样品的等时线图见图4。样品在等时图上呈线性分布,但是分布范围比较狭窄,6件样品 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 值范围由 0.1682 ~ 0.2005, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 值由 0.512717 ~ 0.512776。由上述分析结果计算的等时年龄为 $282 \pm 128 (2\sigma) \text{ Ma}$, $I_{\text{Nd}} = 0.51241 \pm 16 (2\sigma)$, $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = 2.6 \pm 0.2$ 。由于 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 值范围狭窄,年龄误差很大。

3.2 白马岩体

表2 攀枝花岩体下部辉长岩全岩和矿物 Sm-Nd 同位素分析结果

Table 2 Sm-Nd isotopic analytical results of the lower gabbro whole-rock and their minerals from the Panzhihua basic-ultrabasic intrusion in Panxi, Sichuan Province

样号	类型	Sm($\mu\text{g/g}$)	Nd($\mu\text{g/g}$)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$\pm 2\sigma$
兰37	全岩	1.7440	5.261	0.2005	0.512775	13
兰41	全岩	0.9933	3.500	0.1717	0.512722	14
兰42	全岩	0.7826	2.553	0.1854	0.512744	20
兰51	全岩	0.9498	2.942	0.1953	0.512776	14
兰52	全岩	1.7710	5.845	0.1833	0.512762	9
兰 VI _下	全岩	0.9849	3.542	0.1682	0.512717	19
兰 VI _下 矿物	plag	0.1094	0.943	0.070	0.512578	22
兰 VI _下 矿物	cpx	3.0810	9.345	0.1994	0.512753	16
兰 VI _下 矿物	tm	0.0179	0.089	0.1220	0.512640	48

白马主岩体主要由中粒和斑状辉长岩组成,辉长岩的全岩 Sm-Nd 同位素分析结果见表3,这些分析结果在等时图上形成一条很好等时线(图5),年龄 $t = 197 \pm 60 (2\sigma) \text{ Ma}$, $I_{\text{Nd}} = 0.51243 \pm 6 (2\sigma)$, $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = 0.9 \pm 0.4$ 。

3.3 红格岩体

3.3.1 红格岩体 Sm-Nd 同位素分析结果

对采自红格岩体的8件中粗粒辉长岩、橄榄辉长岩和含铁磷灰石辉长岩和含长辉石岩型浸染状矿石样品进行了 Sm-Nd 同位素年龄测定,结果列于表4,其等时线图见图6。可以看出,样品在图上形成一条很好等时线,其年龄值为 $288 \pm 45(2\sigma)$ Ma, $I_{Nd} = 0.51230 \pm 4(2\sigma)$, $\epsilon_{Nd}(t) = 0.58 \pm 0.41$ 。样品 ZK2217-723 偏离等时线较远,如果计算年龄时不考虑,其年龄值为 $283 \pm 38(2\sigma)$ Ma, $I_{Nd} = 0.51230 \pm 3(2\sigma)$, $\epsilon_{Nd}(t) = 0.56 \pm 0.33$ 。

3. 3. 2 红格岩体矿物 Sm-Nd 同位素分析结果

由红格岩体含磷灰石辉长岩和铁矿石分离的4种矿物样品,斜长石(Hplag),磷灰石(Hap),单斜辉石(Hcpx),钛磁铁矿(Htm)进行了 Sm-Nd 同位素分析,结果列于表5,其等时线图见图7。4件矿物样品形成一条很好等时线, $t = 261 \pm 45(2\sigma)$ Ma, $I_{Nd} = 0.51233 \pm 4(2\sigma)$, $\epsilon_{Nd}(t) = 0.5 \pm 0.4$ 。

4 讨论

4. 1 攀枝花、白马、红格岩体的形成年龄

攀西层状基性-超基性岩体的形成年龄,无论地质上还是同位素年代学上都做过大量工作。地质上,对岩体

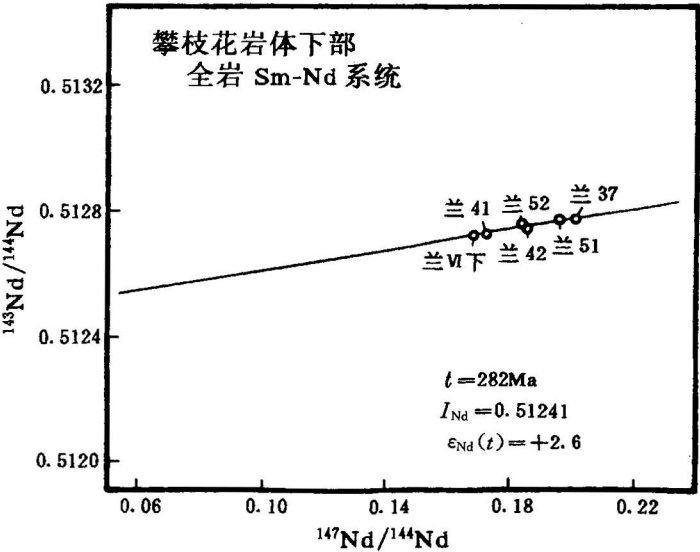


图 4 攀枝花岩体下部辉长岩全岩 Sm-Nd 等时年龄图
Fig. 4 Whole-rock Sm-Nd isochron diagram of the lower gabbros from the Panzhihua basic-ultrabasic intrusion in Panxi , Sichuan Province

表 3 白马主岩体辉长岩 Sm-Nd 同位素分析结果						
Table 3 Sm-Nd isotopic analytical results of gabbros from the major Baima basic-ultrabasic intrusion in Panxi, Sichuan Province						
样号	岩石类型	Sm(μg/g)	Nd(μg/g)	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	±2σ
BJ ₂	辉长岩	3.001	12.650	0.1435	0.512628	6
BJ ₈	辉长岩	1.4560	5.165	0.1705	0.512651	5
B1905-62	辉长岩	1.4890	7.022	0.1283	0.512594	8
B1905-302	辉长岩	0.9820	5.005	0.1187	0.512587	11
B1905-620	辉长岩	0.1734	0.785	0.1336	0.512597	8

表 4 红格岩体各类岩石、矿石的全岩 Sm-Nd 同位素分析结果						
Table 4 Whole-rock Sm-Nd isotopic analytical results of different rocks and ore from the Hongge basic-ultrabasic intrusion in Panxi, Sichuan Province						
样号	岩石类型	Sm(μg/g)	Nd(μg/g)	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	±2σ
ZK2217-180	中粗粒角闪二长岩	22.57	120.6	0.1132	0.512515	5
Zk2217-468	中粗粒辉长岩	17.61	88.63	0.1202	0.512524	6
ZK2217-592	暗色含橄榄石辉长岩	20.68	103.8	0.1205	0.512533	7
ZK2217-723	含铁磷灰石辉长岩	23.43	117.3	0.1208	0.512510	11
ZK2217-886	橄辉岩	4.280	16.47	0.1572	0.512600	9
NE24	橄榄岩型矿石	1.226	5.470	0.1356	0.512552	23
NE38	含长辉石型稀浸矿石	4.247	17.34	0.1481	0.512570	7
NE40	橄榄岩	3.831	13.76	0.1684	0.512625	11

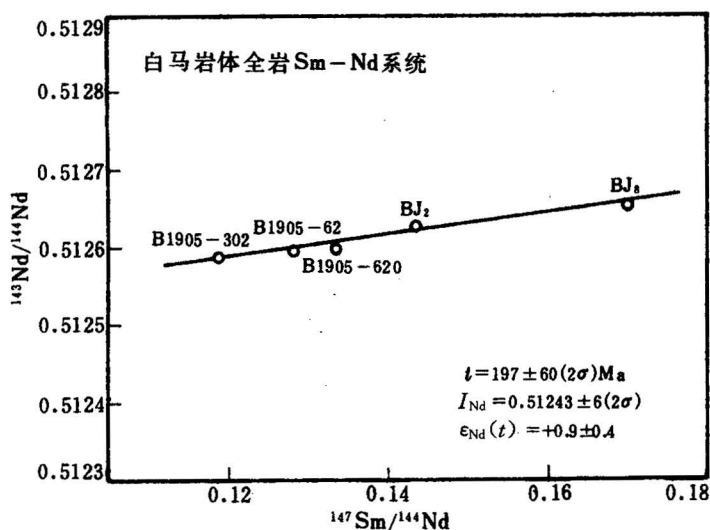


图5 白马主岩体辉长岩全岩 Sm-Nd 等时年龄图
Fig. 5 Whole-rock Sm-Nd isochron diagram of gabbros
in from the major Baima basic-ultrabasic intrusion
Panxi, Sichuan Province

为280 Ma 左右。攀枝花岩体下部全岩 Sm-Nd 年龄值为282 Ma,但是不确定性很大,只能作参考。值得注意的是,其年龄值和红格岩体的全岩 Sm-Nd 年龄值几乎相同。攀枝花岩体、白马岩体和红格岩体的形成时间可划分为两个时期,一个时期为280 Ma 左右,另一个时期是200 Ma

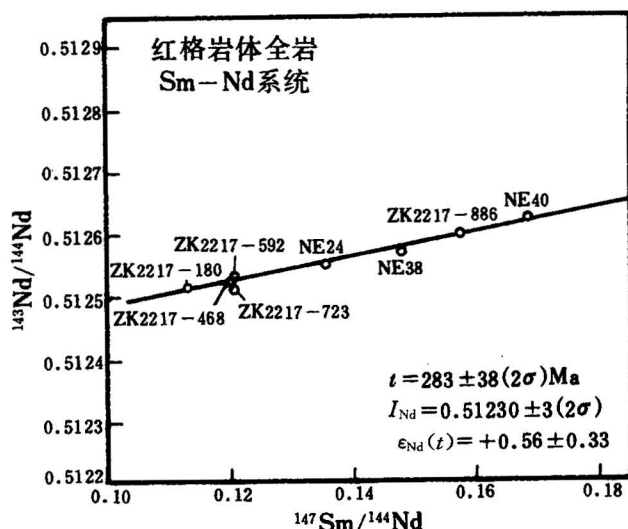


图6 红格岩体各类岩石、矿石的全岩 Sm-Nd 等时年龄图
Fig. 6 Whole-rock Sm-Nd isochron diagram of different
rocks and ore from the Hongge basic-ultrabasic intrusion
in Panxi, Sichuan Province

侵入地层层位,岩体与其他地质体的关系等方面做过仔细研究。同位素年代学上,已有 K-Ar、U-Pb、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 、Rb-Sr 等年代学方法数据报道。表6列出了已发表的层状基性-超基性岩和有关碱性岩的年龄结果。可以看出,已获得的年龄数据相当分散。

本文用 Sm-Nd 同位素年代学方法测定的攀枝花、白马、红格岩体的年龄和初始 Nd 同位素比值及 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值可以看出,其年龄值具有以下特点:

(1) 攀枝花、白马、红格岩体 Sm-Nd 年龄值接近,由283~197 Ma。攀枝花岩体上部,白马岩体全岩 Sm-Nd 年龄近似于200 Ma,红格岩体全岩 Sm-Nd 年龄为280 Ma 左右。攀枝花岩体下部全岩 Sm-Nd 年龄值为282 Ma,但是不确定性很大,只能作参考。值得注意的是,其年龄值和红格岩体的全岩 Sm-Nd 年龄值几乎相同。攀枝花岩体、白马岩体和红格岩体的形成时间可划分为两个时期,一个时期为280 Ma 左右,另一个时期是200 Ma 左右,前者为红格岩体,攀枝花岩体下部;后者为白马岩体和攀枝花岩体上部。

(2) 岩体矿物等时年龄,各岩体不相同。攀枝花岩体下部矿物等时年龄为209 Ma 左右,其值和岩体上部、白马岩体全岩等时年龄值接近。红格岩体矿物等时年龄为261 Ma 左右。

(3) 各岩体的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 不同,但所有的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值均大于0。

(4) 同一岩体的全岩 Sm-Nd 等时年龄和矿物等时年龄值在误差范围内一致,并且其全岩年龄值略大于矿物年龄值。相应全岩的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值略高于矿物的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值。

(5) 攀枝花岩体下部和红格岩体全岩 Sm-Nd 年龄和文献报道的角闪石 K-Ar 年龄(266 Ma),角闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$

全熔融年龄(288 Ma),全岩 Rb-Sr 年龄(304 Ma),在误差范围内一致(表6)。新获得的 Sm-Nd 年龄数据和其它已报道的年龄数据都没有证实辉石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄(1508 Ma,表6)是可信的。

(6)攀枝花岩体上部和白马岩体全岩 Sm-Nd 等时年龄和与辉长岩密切共生的碱性岩的 Rb-Sr 年龄十分接近(表6)。

(7)所获得的 Sm-Nd 年龄数据与地质观察事实和区域地质背景一致^[1~6]。由上述 Sm-Nd 年龄结果可以看出,攀枝花、白马、红格岩体可能是海西晚期—印支期不同时间下岩浆活动的产物。红格岩体和攀枝花岩体下部可能形成于晚海西期,年龄280 Ma 左右。白马岩体和攀枝花岩体上部可能形成于印支期,年龄200 Ma 左右。全岩 Sm-Nd 等时年龄和矿物 Sm-Nd 等时年龄差异可能反映岩石 Nd 同位素系统和矿物 Nd 同位素系统封闭温度的差异(如红格岩体),及后期岩浆作用事件对先期岩浆岩矿物同位素系统的影响(如攀枝花岩体下部矿物 Nd 同位素系统)。

4.2 攀西层状基性-超基性岩体与峨眉山玄武岩的关系

峨眉山玄武岩分布在我国西南云、贵、川三省毗邻地区,面积达 $5\times 10^5\text{km}^2$ 。其喷发主期为晚二叠世,局部延至三叠纪。玄武岩不整合于下二叠统茅口灰岩之上,又被上三叠统丙南组覆盖。年龄应接近250 Ma 或稍大,已获得的 K-Ar 年龄为236 Ma^[12]。岩石化学成分和大陆溢流玄武岩类似。峨眉山玄武岩与攀西层状基性-超基性岩空间关系密切,在攀枝花、白马、红格岩体周围均有峨眉山玄武岩出露。如前所述,对它们的关系有以下3种意见:① 基性-超基性岩与玄武岩呈渐变过渡关系,同时形成,为不同相产物;② 基性-超基性岩侵入玄武岩中;③ 玄武岩晚于基性-超基性岩。从本

文的 Sm-Nd 同位素年代学资料看,基性-超基性岩形成年龄与峨眉山玄武岩同期。红格岩体形成时间比峨眉山玄武岩主喷发期稍早,攀枝花岩体下部的形成时间也可能比峨眉山玄武岩主喷发期早,白马、攀枝花岩体上部比玄武岩喷发主期稍晚。它们可能是同期不同相岩浆活动产物。

5 结论

根据已获得的攀西层状基性-超基性岩体的地质资料、同位素年龄数据和本文的 Sm-Nd 同位素年代学资料

表5 红格岩体含矿辉长岩中矿物 Sm-Nd 同位素分析结果

Table 5 Mineral Sm-Nd isotopic analytical results of the ore-bearing gabbros from the Hongge basic-ultrabasic intrusion in Panxi, Sichuan Province

样号	矿物名称	Sm($\mu\text{g/g}$)	Nd($\mu\text{g/g}$)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$\pm 2\sigma$
Hplag	斜长石	3.959	20.47	0.1170	0.512526	6
Hap	磷灰石	136.2	667.7	0.1234	0.512546	8
Htm	钛磁铁矿	0.145	0.655	0.1340	0.512548	43
Hcpx	辉石	7.918	29.79	0.1608	0.512603	8

表6 文献中已公布的各层状岩体中岩石与矿物的同位素年龄一览表

Table 6 Reported age results of minerals and whole-rocks in different layered intrusions in references

岩体	方法	样品数	年龄(Ma)	资料来源
攀枝花	Rb-Sr	全岩	$380\pm 20(0.70428\pm 4)$	[19]
攀枝花	K-Ar	角闪石	266	[18]
攀枝花	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (全熔融)	角闪石	288	[18]
攀枝花	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	辉石	1508.8 ± 5.2	[20]
红格	Rb-Sr	全岩	$567\pm 57(0.70542\pm 5)$	[18]
红格	Rb-Sr	全岩	$343\pm 66(0.70523\pm 11)$	[18]
红格	Rb-Sr	全岩	$304\pm 15(0.70585\pm 4)$	[19]
白马	U-Pb	磷灰石	306	[18]
二滩歪碱正长岩	Rb-Sr	全岩	$197\pm 16(0.7053\pm 3)$	[18]
二滩菱长斑岩	Rb-Sr	全岩	211(0.7063)	[18]
德昌碱性花岗岩	Rb-Sr	全岩	$230\pm 18(0.7089)$	[18]

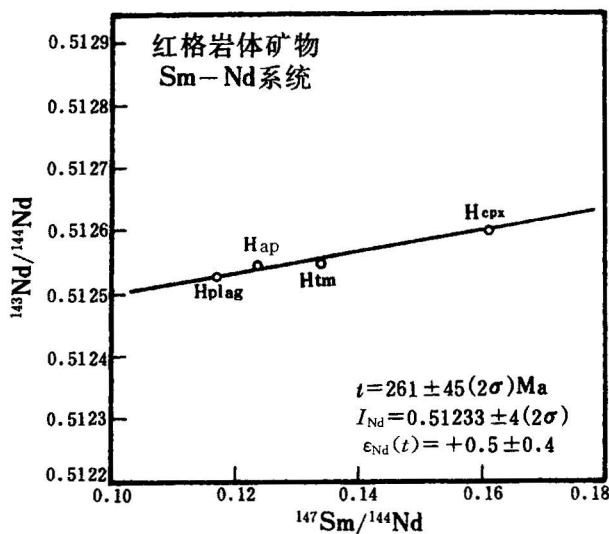


图7 红格岩体含矿辉长岩中矿物 Sm-Nd 等时线图
Fig. 7 Mineral Sm-Nd isochron diagram of mineral samples from the Hongge intrusion in Panxi, Sichuan Province

期,可能为同源不同相产物。

可以得出以下结论:

(1) 攀西层状基性-超基性岩是晚海西—印支期岩浆活动产物,年龄为283~197 Ma 左右。红格岩体形成于283±38 (2σ) Ma,白马岩体形成于197±60 (2σ) Ma。攀枝花岩体上部岩相和下部岩相旋回可能形成于不同时间,下部形成于282 Ma 左右,上部形成于210±43 (2σ) Ma 左右。

(2) 攀枝花、白马、红格岩体的 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值均为正值,由+0.56~+3.3。攀枝花岩体上部和下部具有不同 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值,上部 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值=3.3±0.3,下部 $\epsilon_{Nd}(t)$ =2.6±0.2。白马岩体 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值为0.9±0.4,红格岩体 $\epsilon_{Nd}(t)$ =0.56±0.34。由西向东, $\epsilon_{Nd}(t)$ 值降低。

(3) 攀西层状基性-超基性岩侵入体与峨眉山玄武岩形成于同一岩浆活动时

参 考 文 献

- 徐宪. 攀枝花钒钛磁铁矿床地质特征及区域内同类型矿床成矿规律的初步研究. 第一届全国矿床会议文献汇编. 1958.
- 钒钛磁铁矿研究协作组. 川西地区钒钛磁铁矿含矿母岩的时代. 铁铜矿产专辑(第4集), 北京:地质出版社, 1975. 133~140.
- 袁海华. 攀枝花西昌地区部分基性-超基性岩同位素 K-Ar 年龄的初步研究. 成都地质学院学报, 1981, (2): 39~58.
- 曾绪伟, 刘俨然, 金久堂. 四川红格基性-超基性岩体岩石类型岩相特征及成岩成矿机理. 成都地质矿产研究所所刊, 1981, 2(1): 1~24.
- 刘振声, 须同瑞. 攀西地区层状基性-超基性岩成岩成矿机理及其形成时代的探讨. 成都地质矿产研究所所刊, 1983, (4): 13~29.
- 张云湘, 骆耀南, 杨崇喜等. 攀西裂谷. 北京:地质出版社, 1988.
- 孙忠和, 亓绍玫, 党泽发. 攀西地区与钒钛磁铁矿有关的基性-超基性岩体的形成时代问题. 矿床地质研究所所刊, 1984, (1): 145~146.
- 冯本智, 杨天奇, 姜修道, 王松山, 胡世玲. 对攀枝花层状含矿岩体形成时代的新认识. 长春地质学院学报, 1985, (3): 108.
- 冯本智. 康滇地区前震旦纪地质与成矿. 北京:地质出版社, 1990.
- 黄振华. 四川红格钒钛磁铁矿床成矿条件及地质特征. 北京:地质出版社, 1987.
- 叶晓英, 曾宪教. 论攀西地区层状侵入体的时代及其接触变质作用. 中国攀西裂谷文集(1), 北京:地质出版社. 1985. 119~135.
- 廖鸿昌, 杨英杰. 米易垭口五马箐变质地层时代及变质作用的讨论. 四川地质(科技情报), 1984, 16(2): 1~11.
- 朱中一, 刘杖. 四川龙马山玄武岩的岩石学特征及成因探讨. 地球科学, 1986, 11(6): 570~576.
- 马润则. 四川米易县安宁村含矿层状侵入体的岩石学特征及成因探讨. 矿物和岩石, 1990, 10(1): 19~27.
- 邢凤鸣. 攀枝花钒钛磁铁矿—磁铁矿床成因探讨. 地质论评, 1959, 19(9): 421~425.
- 刘俨然, 金明霞, 邢雪芬, 叶景隆, 李效兰, 沈致富. 康滇地轴花岗岩类及其与成矿的关系. 成都地质矿产研究所所刊, 1985, (6): 1~24.

- 17 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志. 北京:地质出版社,1991. 424.
- 18 袁海华,张树平,张平,刘杖,施泽民,沈发奎,周伯,王明坤. 攀西裂谷岩浆岩同位素地质年代学初步研究. 中国攀西裂谷文集(第1集),北京:地质出版社,1985. 241~257.
- 19 从柏林. 攀西古裂谷的形成与演化. 北京:科学出版社,1988. 251~254.
- 20 杨天奇,姜修道. 攀枝花层状含矿岩体的新认识. 长春地质学院学报,1988,18(2):125~135.
- 21 王振民. 谈康滇地轴部分年代学研究资料的可靠性. 成都地质学院学报,1987, 14(1):107~114.

Sm-Nd Ages of the Panxi Layered Basic-ultrabasic Intrusions in Sichuan

Zhang Zongqing

(*Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037*)

Lu Jiren

(*Institute of Mineral deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037*)

Tang Suohan

(*Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037*)

Abstract

The intrusive complex zone in the Panxi area, Sichuan province, China, consisting of layered basic-ultrabasic intrusive rocks, syenites and alkali granites, is known in the world for their containing large vanadium-titaniferous magnetite deposits and rare earth element deposits. The rocks and deposits have been investigated and a lot of data have been accumulated over the past forty years. However, their formation timing is still in dispute. Most geologists consider that the rocks and deposits originated in the Variscan-Indosinian period about 300~200 Ma ago and are closely related with the Emeishan basalts, covering an extensive area in south-western China, but some believe that they formed in the Proterozoic or earlier. Sm-Nd dating of layered intrusions in the zone has been performed, and their ages obtained are as follows: the Upper Panzhihua body has a whole-rock age of 210 ± 43 Ma, the Lower Panzhihua body has a whole-rock age of 282 Ma and a mineral age of 209 ± 32 Ma, the Baima body has a whole-rock age of 197 ± 60 Ma, and the Hongge body has a whole-rock age of 283 ± 38 Ma and a mineral age of 261 ± 45 Ma. These data suggest that the layered rocks and deposits were formed possibly in the late Variscan-Indosinian period about 280~200 Ma ago and were related to closing of the Palaeo-Tethyan ocean.

Key words: Sm-Nd geochronology; layered basic-ultrabasic intrusions; Panxi area; China

作者简介

张宗清,男,1941年生。1965年中国科学技术大学地球化学系毕业。现任中国地质科学院地质研究所研究员,长期从事于同位素地质年代学和地球化学的研究工作。通讯地址:100037,北京百万庄26号,中国地质科学院地质研究所。