

西藏西南部休古嘎布蛇绿岩的 Sm-Nd 年龄 及 Nd-Sr-Pb 同位素特征

徐德明 黄圭成 雷义均

(宜昌地质矿产研究所,湖北宜昌 443003)

摘要:休古嘎布蛇绿岩位于雅鲁藏布江蛇绿岩带西段,属于 SSZ 型蛇绿岩。用 Sm-Nd 法测定了该蛇绿岩中辉长辉绿岩的结晶年龄,辉石、斜长石和两个全岩样品的等时线年龄为 $(126.2 \pm 9.1)\text{Ma}$,代表新特提斯洋在该区俯冲消减的时限。同时,对辉长辉绿岩的 Nd-Sr-Pb 同位素的测定结果表明,辉长辉绿岩的初始 $\epsilon\text{Nd}(t)$ 值高(6.7~9.1),反映原始岩浆起源于强烈亏损的地幔源区,未受大陆地壳物质的混染;初始 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值较低(17.412~17.523),但初始 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值较高(37.352~37.706),并具有较高的 I_{c} 值(0.70278~0.70383),指示休古嘎布蛇绿岩源于印度洋 MORB 型地幔域。

关键词:休古嘎布蛇绿岩;Sm-Nd 定年;Nd-Sr-Pb 同位素;西藏西南部

中图分类号:P597.43 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2008)03-0429-07

雅鲁藏布江缝合带是欧亚板块和印度板块的分界线,其中广泛分布有大小不一的蛇绿岩块,大致沿雅鲁藏布江河谷及其两侧展布,在西藏境内断续出露长达 1 500 km 以上,是横亘亚洲大陆南部洲际性蛇绿岩带的重要组成部分,代表新特提斯洋在本区消亡的遗迹。对这些蛇绿岩的研究,对于探讨东特提斯洋的形成和演化以及青藏高原形成的地球动力学过程具有非常重要的意义,因而长期受到中外学者的关注^[1-16]。目前有关雅鲁藏布江蛇绿岩带的成因类型和形成构造环境已取得较为一致的认识,大多数研究者认为是 SSZ 型蛇绿岩,形成于上俯冲带构造环境^[1-5]。并已获得了一批重要的年龄数据^[2,6-11],这些年龄值为 120~174 Ma,表明蛇绿岩形成于中侏罗世—早白垩世。但以往的研究主要集中在该蛇绿岩带的中、东部地区,对属于其重要组成部分的西段蛇绿岩的研究还相当薄弱,它们在岩石类型、形成构造环境、形成时代及地球动力学演化等方面的特点及其与中、东部蛇绿岩是否一致或存在什么样的差别,还有待于深入研究。

休古嘎布蛇绿岩是雅鲁藏布江蛇绿岩带西段出露规模较大的一个岩块,并有工业铬铁矿体产出,是西段少数几个以往研究中已涉及到的岩体之一^[10,12-15]。韦振权等^[10]曾获得其中辉绿岩的锆石 SHRIMP 年龄为 $(122.3 \pm 2.4)\text{Ma}$,并认为代表特提斯洋洋脊扩张的时代;徐德明等^[15]则对其矿物学及岩石地球化学特征进行了较系统的研究,认为其属于 SSZ 型蛇绿岩。但同位素地球化学资料仍少有报道。本文报道休古嘎布蛇绿岩中辉长辉绿岩的 Sm-Nd 等时线年龄测定结果,并结合蛇绿岩的地球化学特征和新获得的 Pb-Sr-Nd 同位素资料,对该年龄的地质意义及蛇绿岩的源区特征进行探讨。

1 地质背景

雅鲁藏布江缝合带位于喜马拉雅被动陆缘和冈底斯活动陆缘之间,以广泛出露于雅鲁藏布江河谷及其两侧的蛇绿岩为主要标志。自萨嘎以西,该蛇绿岩带分裂为南、北两支,北为达机翁—萨嘎蛇绿岩带,南为达巴—休古嘎布蛇绿岩带(图 1)。

收稿日期:2007-11-21;改回日期:2007-12-29

基金项目:中国地质调查局资源评价项目(1212010530108)和国家自然科学基金项目(40572052)资助。

作者简介:徐德明,男,1964年生,高级工程师,主要从事岩石地球化学研究及资源调查评价工作;E-mail:yc502xdm@yahoo.com.cn。

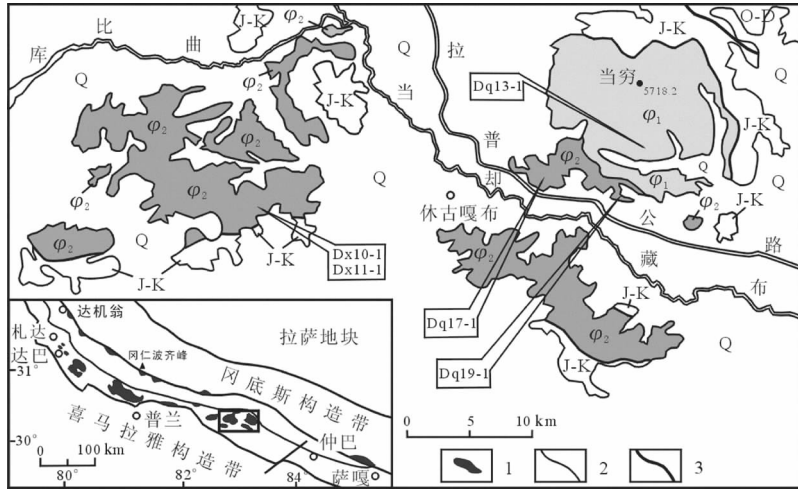


图1 休古嘎布蛇绿岩及其邻区地质简图

Q—第四系;J—K—侏罗系—白垩系;O—D—奥陶系—泥盆系; ϕ_1 —纯橄岩; ϕ_2 —方辉橄岩;
1—蛇绿岩(未分);2—地质界线;3—断层

Fig.1 Simplified geological map of the Xiugugabu ophiolite and its adjacent areas with sample locations.

Q—Quaternary;J—K—Jurassic—Cretaceous;O—D—Ordovician—Devonian; ϕ_1 —Dunitite; ϕ_2 —Harzburgite;
1—Ophiolite(not divided);2—Geological boundary;3—Fault

休古嘎布蛇绿岩体(群)位于达巴—休古嘎布蛇绿岩带的东端,沿雅鲁藏布江上游(即当却藏布)两岸展布,东西延长约70 km,南北宽5~30 km。其围岩为侏罗系—白垩系浅变质的碎屑岩、含放射虫硅质岩夹碳酸盐岩。除被第四系所覆盖的地段外,岩体四周与围岩均呈断层接触(图1)。岩石组合以地幔橄辉岩为特征,主要岩石类型为方辉橄辉岩和纯橄岩,以前者为主,二者都可以分别构成独立的岩相带,方辉橄辉岩带中局部见有二辉橄辉岩。该岩体并不具有完整的蛇绿岩层序,但在拉普公路北侧阿舍青一带见有疑似为堆晶岩的团块状单斜辉石岩、橄辉二辉岩出露;地幔橄辉岩被辉长岩、辉绿岩等基性岩墙所切割,尤其岩体西南部方辉橄辉岩带中基性岩墙较发育,它们呈脉状、透镜状穿插于地幔橄辉岩中。

2 样品采集与分析方法

样品采自休古嘎布蛇绿岩中的辉长辉绿岩岩墙,除一个样品(Dq13-1)产于纯橄岩带外,其余均产于方辉橄辉岩带中,样品新鲜,采样位置见图1。岩石为细粒辉长结构或辉长辉绿结构,多为块状构造,但部分辉长岩具明显的条带状构造;同时,野外可见块状辉长岩切割条带状辉长岩,以及同一脉体中边部具条带状构造而中心为块状构造的现象,表明辉

长辉绿岩具有多期次侵入的特点。岩石主要矿物成分为斜长石和单斜辉石,在有的薄片可见原生角闪石,但大多数样品中角闪石为取代辉石的产物。其他次生蚀变矿物有绢云母、绿帘石和绿泥石。

全岩样品破碎后,再经重选和磁选,在双目显微镜下从样品Dq17-1中分离出辉石和斜长石。同位素测定在宜昌地质矿产研究所同位素实验室完成。全部化学试验过程均在超净化实验室中进行,全流程本底Pb为 5×10^{-10} g,Sr为 1×10^{-9} g,Nd为 2.13×10^{-10} g。元素的浓度采用同位素稀释法测定,质谱分析在MAT261多接收质谱仪上完成。

Pb的分离采用AG1×8阴离子交换柱,HBr和HCl混合酸作介质;用国际标准样NBS981标定仪器工作状态和对Pb进行质量分馏校正。Rb、Sr和REE的分离采用 $\phi 6 \times 100$ mm的Dowex 50×8阳离子树脂交换柱,HCl作介质;Sm、Nd的进一步分离用 $\phi 6 \times 120$ mmP₂₀₄萃淋树脂柱,HCl作介质;采用 $^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=8.3752$ 和 $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.7219$ 分别对Sr和Nd作质量分馏校正,国际标准样NBS987(Sr)和本实验室标准ZkbzNd(Nd)标定仪器工作状态,国家一级标准物质GBW04411(Rb—Sr)和GBW04419(Sm—Nd)监控分析流程。分析精度 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 优于1%, $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 优于0.5%。分析结果列于表1和表

2,样品的 Nd、Sr 同位素初始值分别用 $\epsilon Nd(t)$ 和 I_{Sr} 值表示。

3 结果和讨论

3.1 蛇绿岩的形成时代

由图 2 可以看出,表 1 所列前 4 个样品数据点构成一条相关性良好的等时线,相关系数达到 0.9994。等时线年龄计算采用 Ludwig 的 Isoplot 程序,输入参数为: $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 误差为 0.5%, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 误差为 0.0025%,球粒陨石的 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.512638$, $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0.1967$, ^{147}Sm 的衰变常数为 $6.54 \times 10^{-12} \text{a}^{-1}$ 。计算得到的等时线年龄为 $126.2 \pm 9.1 \text{Ma}$,初始 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比值 (I_{Nd}) 为 0.512823 ± 17 ,初始 $\epsilon Nd(t) = 6.8$,MSWD=0.44。同时,该年龄值与同一岩块中辉绿岩的锆石 SHRIMP 年龄 ($122.3 \pm 2.4 \text{Ma}$)^[10]及雅鲁藏布江中段蛇绿岩的锆石 SHRIMP 年龄 ($126 \pm 1.5 \text{Ma}$)^[9]相当,表明全岩、斜长石和辉石给出的等时线年龄是可信的。而后 3 个样品的数据点明显偏离前 4 个样品数据点构成的相关线,其初始 $\epsilon Nd(t)$ 值明显高于前 4 个样品,它们可能与前 4 个样品不同源或不同期,不符合计算等时线要求^[17],未参与年龄计算。事实上,野外关系及岩相学特征表明,区内存在多期次的基性脉岩。

上述辉长辉绿岩侵入于富铬富铝双成分系列的

地幔橄榄岩中,这些地幔橄榄岩具有汤勺形和 U 形两组 REE 型式^[15],类似于 Izu-Bonin-Mariana 和 South Sandwich 弧-盆橄榄岩^[18,19]。辉长辉绿岩的 LREE 亏损,显示 N-MORB 岩浆特征;但在球粒陨石标准化微量元素蛛网图上,大多具有明显的 Nb、Ti 负异常及 Sr、Ba 正异常^[15],又显示出岛弧岩浆的某些特点^[20]。这些特征类似于 Lau 盆地拉斑玄武岩和玻安岩^[21]。因此推测休古嘎布蛇绿岩形成于上俯冲带弧后盆地和洋内岛弧环境,是 SSZ 型蛇绿岩^[15,22]。由于 SSZ 型蛇绿岩的形成时代直接指示大洋开始由扩张转换为俯冲消减的时限^[2,22-24],因此,上述年龄测定结果应代表本区新特提斯洋在 (126.2 ± 9.1) Ma 时已由扩张转换为俯冲消减,而不是特提斯洋洋脊扩张的时代^[10]。

3.2 蛇绿岩的源区特征

休古嘎布蛇绿岩中辉长辉绿岩的初始 $\epsilon Nd(t)$ 值较高,为 6.7~9.1(表 1),表明原始岩浆来自于强烈亏损的地幔源区,没有受到大陆地壳物质的混染。按 $\epsilon Nd(t)$ 值特征可以将这些样品分为两组。第一组包括单矿物及构成前述等时线的两个全岩样品(即表 1 中的前 4 个样品),其中 $\epsilon Nd(t)$ 值约为 6.8;第二组为表 1 中的后 3 个样品,其中 $\epsilon Nd(t)$ 值较高,为 8.2~9.1。假设现代亏损地幔的 $\epsilon Nd(t)$ 值(+8~+12)是在地球形成初期从未分异的球粒陨石型地幔演化而来的,那么在 126 Ma 前的 MORB 型亏损地幔的 $\epsilon Nd(t)$ 值为 +7.7~+11.7。第一组样品的 $\epsilon Nd(t)$ 值略低于同时期的 MORB 型亏损地幔,暗示可能有消减组分的加入;第二组样品的 $\epsilon Nd(t)$ 值与同时期的 MORB 型亏损地幔的下限值相当,表明它们未受消减组分的影响。考虑到休古嘎布蛇绿岩中的地幔橄榄岩可能是亏损橄榄岩重融并被岛弧型岩浆改造的产物^[19],亦即其形成可能经历了从 MOR 到 SSZ 两种构造环境的转变^[14,25];而大多数造山带蛇绿岩地幔橄榄岩中存在多期次的基性岩脉^[23],休古嘎

表 1 休古嘎布蛇绿岩中辉长辉绿岩 Sm-Nd 同位素测定
Table 1 Sm and Nd analysis of gabbro-d diabase in the Xiugugabu ophiolite

样品	Sm/10 ⁻⁶	Nd/10 ⁻⁶	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd(2σ)	$\epsilon Nd(t)$
Dq13-1(全岩)	1.755	2.767	0.3837	0.513141±17	6.8
Dq17-1(全岩)	3.610	70610	0.2512	0.513033±9	6.8
Dq17-1(辉石)	4.222	9.803	0.2606	0.513035±18	6.7
Dq17-1(斜长石)	0.3449	1.183	0.1764	0.512970±14	6.8
Dq19-1(全岩)	2.534	7.485	0.2048	0.513110±9	9.1
Dx10-1(全岩)	2.880	8.241	0.2114	0.513070±9	8.2
Dx11-1(全岩)	2.313	6.451	0.2169	0.513091±9	8.5

表 2 休古嘎布蛇绿岩中辉长辉绿岩 Pb, Sr 同位素测定
Table 2 Pb and Sr analysis of gabbro-d diabase in the Xiugugabu ophiolite

样品	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb(2σ)	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb(2σ)	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb(2σ)	(²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb) _i	(²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb) _i	(²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb) _i	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(2σ)	I_{Sr}
Dq13-1(全岩)	17.480±2	15.471±2	37.596±6	17.475	15.471	37.592	0.00387	0.70294±7	0.70293
Dq17-1(全岩)	17.454±11	15.341±8	37.384±15	17.412	15.339	37.352	0.01184	0.70280±2	0.70278
Dq19-1(全岩)	17.529±7	15.508±6	37.710±19	17.523	15.508	37.706	0.01693	0.70291±2	0.70288
Dx10-1(全岩)	17.455±15	15.375±14	37.423±38	17.429	15.374	37.406	0.01949	0.70386±3	0.70383
Dx11-1(全岩)	17.473±3	15.453±2	37.558±8	17.462	15.453	37.550	0.03037	0.70360±4	0.70355

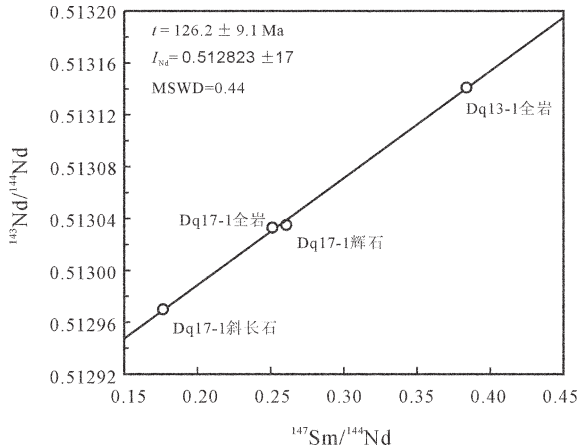


图2 休古嘎布蛇绿岩中辉长辉绿岩的 Sm-Nd 等时线图
Fig. 2 Sm-Nd isochron diagram for gabbro-diabase in the Xiugugabu ophiolite

布蛇绿岩中也不例外。因此,推测第二组辉长辉绿岩可能是残存的 MORB。此外,笔者还注意到本岩块西侧的拉昂错蛇绿岩中基性岩墙的 Sm-Nd 等时线年龄为 (147 ± 25) Ma, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄为 (152 ± 33) Ma^[9]。拉昂错蛇绿岩与休古嘎布蛇绿岩同属达巴—休古嘎布蛇绿岩带,其构造背景大致相同^[13,14] (图 1)。它也许正好代表了残存 MORB 的形成时代,或该区与雅鲁藏布江蛇绿岩带东、中部地区存在一样比 126 Ma 更早的俯冲记录,需有待进一步研究。

休古嘎布蛇绿岩中辉长辉绿岩的初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值 (I_{54}) 为 0.70278~0.70383,平均 0.70319,略高于现代 N-MORB 的值 (0.70280),介于现代 N-MORB 和 OIB (0.70386)^[26] 值之间,尤其是第二组样品的 I_{54} 值较高。较高的 I_{54} 值通常被解释为受海水蚀变的结果,但也可能原岩的 I_{54} 值本来就高。

所有样品的初始 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值较低 (17.412~17.523),但初始 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值较高 (37.352~37.706),因而在 $(^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_t - (^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_t$ 图解 (图 3) 上位于北半球参照线 (NHRL) 之上,处于印度洋 MORB 范围之内,并与东特提斯地区的罗布莎蛇绿岩^[8]、日喀则蛇绿岩^[6] 及 Samail 蛇绿岩^[29] 相似,而与东地中海地区的 Vourinos 和 Troodos 蛇绿岩^[30] 差别明显。一般认为,与印度洋的形成相类似,现已消亡的特提斯洋是冈瓦纳大陆早先裂解的产物,同时东特提斯洋占据与现今印度洋相同的大部分位置^[28,31,32]。因此,印度洋地幔域要么继承了东特提斯洋地幔的

同位素特征^[28],要么起源于与东特提斯洋地幔非常相似的软流圈地幔^[33]。由此可见,通过对特提斯蛇绿岩的研究,将有助于揭示当今印度洋 MORB 型同位素特征的演化。

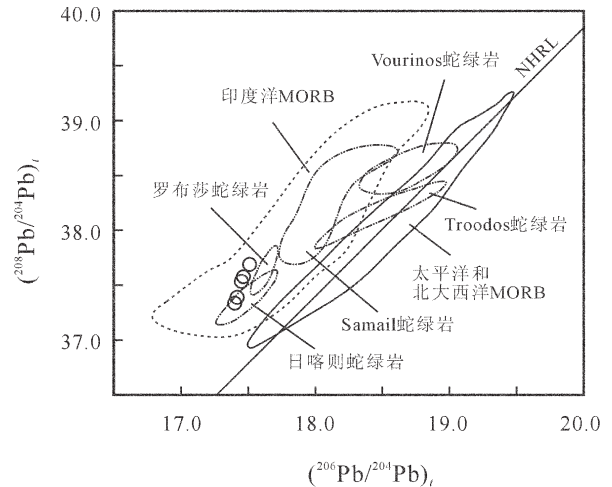


图3 休古嘎布蛇绿岩的 $(^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_t - (^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_t$ 图解
NHRL (北半球参照线) 据参考文献 [27]; 印度洋、太平洋和北大西洋 MORB 区域据参考文献 [28]; 东特提斯罗布莎蛇、日喀则和 Samail 蛇绿岩分别据参考文献 [8]、[6] 和 [29]; 东地中海 Vourinos 和 Troodos 蛇绿岩据参考文献 [30]

Fig. 3 Plot of $(^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_t - (^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_t$ for the Xiugugabu ophiolite

Data of NHRL (northern hemisphere reference line) from reference [27]; data of the composition fields of the Indian, Pacific and North Atlantic oceans are from reference [28]; data of the Luobusha, Xigazê and Samail ophiolites are from references [8], [6] and [29] respectively; data of the Vourinos and Troodos ophiolites are from reference [30]

4 结论

(1) 休古嘎布蛇绿岩中辉长辉绿岩的全岩和矿物等时线年龄为 (126 ± 1.5) Ma, 反映早白垩世中期新特提斯洋在该区存在俯冲消减作用, 与中段日喀则地区新特提斯洋发生洋内俯冲作用的时间一致。

(2) 休古嘎布蛇绿岩中辉长辉绿岩具有高的 ϵ_{Nd} (t) 值 (6.7~9.1), 反映其原始岩浆来源于强烈亏损的地幔源区。而 Nd-Sr-Pb 同位素特征进一步表明, 该源区具有印度洋 MORB 型地幔亲缘性。

致谢: 本文写作过程中与付建明研究员进行了富有启发的讨论。野外工作期间得到西藏地质二队巴登珠教授级高级工程师、李国良主任及中国地质调

查局拉萨工作站李全文站长的帮助和指导。余正清、李忠林和杨清富工程师参加了部分野外工作,在此一并表示感谢。

参考文献(References):

- [1] 张旗,周国庆. 中国蛇绿岩[M]. 北京:科学出版社, 2001:82-92.
Zhang Qi, Zhou Guoqing. Ophiolites of China[M]. Beijing: Science Press, 2001:82-92(in Chinese with English abstract).
- [2] Malpas J, Zhou M F, Robinson P T, et al. Geochemical and geochronological constraints on the origin and emplacement of the Yarlung Zangbo ophiolites, Southern Tibet[C]//Dilek Y, Robinson P T (eds.). Ophiolites in Earth History. London: Geological Society, Special Publications, 2003, 218:191-206.
- [3] Xia Bin, Yu Hengxiang, Mei Houjun, et al. Geochemistry of basalts: Evidence for formation of Dazhu ophiolite, Tibet (China), in a supra-subduction zone environment [J]. Journal of the Geological Society of India, 2003, 61:7-15.
- [4] Dubois-Côté V, Hébert R, Dupuis C, et al. Petrological and geochemical evidence for the origin of the Yarlung Zangbo ophiolites, southern Tibet [J]. Chemical Geology, 2005, 214:265-286.
- [5] 王成善, 李亚林, 刘志飞, 等. 雅鲁藏布江蛇绿岩再研究: 从地质调查到矿物记录[J]. 地质学报, 2005, 79(3):323-330.
Wang Chengshan, Li Yalin, Liu Zhifei, et al. Yarlung-Zangbo Ophiolites revisited: from geological survey to mineral records [J]. Acta Geologica Sinica, 2005, 79 (3):323-330 (in Chinese with English abstract).
- [6] Göpel C, Allgre C J, Xu R H. Lead isotopic study of the Xigaze ophiolite(Tibet): the problem of the relationship between magmatites (gabbros, dolerites, lavas) and tectonites(harzburgites)[J]. Earth Planet Sci Lett, 1984, 69:301-310.
- [7] 王希斌, 鲍佩声, 邓万明, 等. 西藏蛇绿岩[M]. 北京:地质出版社, 1987:1-6.
Wang Xibin, Bao Peisheng, Deng Wanming, et al. Xizang (Tibet) Ophiolites [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987:1-6(in Chinese with English abstract).
- [8] 周肃, 莫宣学, Mahoney J J, 等. 西藏罗布莎蛇绿岩中辉长辉绿岩 Sm-Nd 定年及 Pb, Nd 同位素特征 [J]. 科学通报, 2001, 46(16): 1387-1390.
Zhou Su, Mo Xuanxue, Mahoney J J, et al. Geochronology and Nd-Pb isotope characteristics of gabbro dikes in the Luobusha ophiolite, Tibet [J]. Chinese Science Bulletin, 2001, 46 (16):1387-1390(in Chinese).
- [9] Miller C, Thöni M, Frank W, et al. Geochemistry and tectonomagmatic affinity of the Yungbwa ophiolite, SW Tibet [J]. Lithos, 2003, 66:155-172.
- [10] 韦振权, 夏斌, 张玉泉, 等. 西藏休古嘎布蛇绿岩中辉绿岩锆石 SHRIMP 定年及其地质意义 [J]. 大地构造与成矿学, 2006, 30 (1):93-97.
Wei Zhenquan, Xia Bin, Zhang Yuquan, et al. SHRIMP zircon dating of diabase in the Xiugugabu ophiolite in Tibet and its geological implications [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2006, 30 (1):93-97(in Chinese with English abstract).
- [11] 钟立峰, 夏斌, 周国庆, 等. 藏南罗布莎蛇绿岩辉绿岩中锆石 SHRIMP 测年[J]. 地质论评, 2006, 52(2):224-229.
Zhong Lifeng, Xia Bin, Zhou Guoqing, et al. SHRIMP age determination of the diabase in Luobusha ophiolite, Southern Xizang (Tibet) [J]. Geological Review 2006, 52 (2):224-229(in Chinese with English abstract).
- [12] 黄圭成, 徐德明, 雷义均, 等. 西藏西南部达巴—休古嘎布蛇绿岩带铬铁矿的找矿前景[J]. 中国地质, 2007, 34(4):668-674.
Huang Guicheng, Xu Deming, Lei Yijun, et al. Chromite prospects in the Daba -Xiugugabu ophiolite zone, Southwestern Tibet. Geology in China, 2007, 34(4):668-674(in Chinese with English abstract).
- [13] 夏斌, 郭令智, 施央申. 西藏西南部蛇绿岩及其地体构造[M]. 广州:中山大学出版社, 1998:1-83.
Xia Bin, Guo Lingzhi, Shi Yangshen. The Ophiolites and Tectonostratigraphic Terranes in Southwest Xizang (Tbet) [M]. Guangzhou: Zhongshan University Press, 1998:1-83 (in Chinese with English abstract).
- [14] 徐德明, 黄圭成, 黄陵勤, 等. 西藏西南部达巴—休古嘎布蛇绿岩带中地幔橄辉岩的成因[J]. 华南地质与矿产, 2006, (3): 10-18.
Xu Deming, Huang Guicheng, Huang Lingqin, et al. The origin of mantle peridotites in the Daba -Xiugugabu ophiolite belt, SW Tibet [J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2006, (3):10-18(in Chinese with English abstract).
- [15] 徐德明, 黄圭成, 雷义均. 西藏西南部休古嘎布蛇绿岩的成因: 岩石学和地球化学证据 [J]. 大地构造与成矿学, 2007, 31(4): 490-501.
Xu Deming, Huang Guicheng, Lei Yijun. Origin of the Xiugugabu ophiolite massif, SW Tibet: evidence of petrology and geochemistry [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2007, 31 (4):490-501(in Chinese with English abstract).
- [16] 白文吉, 杨经绥, 方青松, 等. 西藏蛇绿岩中不寻常的地幔矿物群[J]. 中国地质, 2003, 30(2):144-150.
Bai Wenji, Yang Jingsui, Fang Qingsong, et al. An unusual mantle mineral group in ophiolites of Tibet [J]. Geology in China, 2003, 30(2): 144-150(in Chinese with English abstract).
- [17] 陆松年. Sm-Nd 等时线年龄合理性的判别 [J]. 中国区域地质, 1994, (2):148-159.
Lu Songnian. Judgement on the rationality of a Sm-Nd isochron [J]. Regional Geology of China, 1994, (2):148-159 (in Chinese with English abstract).
- [18] Parkinson I J, Pearce J A. Peridotites from the Izu - Bonin - Mariana forearc (ODP Leg 125): evidence for mantle melting and melt - mantle interaction in a supra-subduction zone setting [J]. J Petrol, 1998, 39:1577-1618.

- [19] Pearce J A, Barker P F, Edwards S J, et al. Geochemistry and tectonic significance of peridotites from the South Sandwich arc-basin system, South Atlantic[J]. *Contrib Mineral Petrol*, 2000, 139: 36-53.
- [20] 吴波, 何国琦, 吴泰然, 等. 新疆布尔根蛇绿混杂岩的发现及其大地构造意义[J]. *中国地质*, 2006, 33(3):476-486.
Wu Bo, He Guoqi, Wu Tairan, et al. Discovery of the Buergen ophiolitic mélange belt in Xinjiang and its tectonic significance[J]. *Geology in China*, 2003, 30(2):144-150(in Chinese with English abstract).
- [21] Ewart A, Bryan W N, Chappell B W, et al. Regional geochemistry of the Lau-Tonga arc and backarc systems[C]//*Proceedings of the ODP Scientific Results*, 135. Ocean Drilling Program, College Station, Texas, 1994, 385-425.
- [22] Pearce J A, Lippard S J, Roberts S. Characteristics and tectonic significance of supra-subduction zone ophiolites[C]//Kokelaar B P, Howells M F (eds.). *Marginal Basin Geology*. London:Geological Society of London Special Publication 16, 1984, 77-94.
- [23] Pearce J A. Supra-subduction zone ophiolites; The search for modern analogues [C]//Dilek Y, Newcomb S (eds.). *Ophiolite Concept and the Evolution of Geological Thought*. Colorado: Geological Society of American Special Paper, 2003, 373:269-293.
- [24] Stern R J. Subduction initiation: spontaneous and induced[J]. *Earth Planet Sci Lett*, 2004, 226:275-292.
- [25] 鲍佩声, 王希斌, 彭根永, 等. 中国铬铁矿床[M]. 北京: 科学出版社, 1999:1-312.
Bao Peisheng, Wang Xibin, Peng Genyong, et al. *Chromite Deposits in China* [M]. Beijing: Science Press, 1999:1-312 (in Chinese with English abstract).
- [26] 李志昌, 路远发, 黄圭成. 放射性同位素地质学方法与进展[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2004:47-62.
Li Zhichang, Lu Yuanfa, Huang Guicheng. *Method and Progress of Radioisotope Geology* [M]. Wuhang: China University of Geoscience Press, 2004:47-62(in Chinese).
- [27] Hart S R. A large-scale isotope anomaly in the Southern Hemisphere mantle[J]. *Nature*, 1984, 309:753-757.
- [28] Mahoney J J, Frei R, Tejada M L G, et al. Tracing the Indian Ocean mantle domain through time: isotopic results from old west Indian, east Tethyan, and South Pacific seafloor [J]. *J Petrol*, 1998, 39:1285-1306.
- [29] Chen J H, Pallister J S. Lead isotopic studies of the Samail ophiolite, Oman[J]. *J Geophys Res*, 1981, 86:2699-2708.
- [30] Hamelin B, Dupré B, Allègre C J. The lead isotope systematics of ophiolite complexes[J]. *Earth Planet Sci Lett*, 1984, 67:351-366.
- [31] Metcalfe I. Pre-Cretaceous evolution of SE Asian terranes[C]//Hall R, Blundell D (Eds.). *Tectonic Evolution of Southeast Asia*. London: The Geological Society Publishing House, 1996:97-122.
- [32] Ogg J G, Kodama K, Wallick B P. Lower Cretaceous magnetostratigraphy and paleolatitudes off northwestern Australia, ODP Site 765 and DSDP Site 261, Argo Abyssal Plain, and ODP Site 766, Gascoyne Abyssal Plain [C]//*Proceedings of the ODP Scientific Results*, 123. Ocean Drilling Program, College Station, Texas, 1992:523-547.
- [33] Xu J F, Paterno R, Castillo, Li X H, et al. MORB-type rocks from the Paleo-Tethyan Mian-Lueyang northern ophiolite in the Qinling Mountains, central China: implications for the source of the low $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ and high $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ mantle component in the Indian Ocean[J]. *Earth Planet Sci Lett*, 2002, 198:323-337.

Sm-Nd ages and Nd-Sr-Pb isotope signatures of the Xiugugabu ophiolite, southwestern Tibet

XU De-ming, HUANG Gui-cheng, LI Yi-jun

(*Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003, Hubei, China*)

Abstract: The Xiugugabu ophiolite is situated in the western segment of the Yarlung-Zangbo ophiolite belt, southwestern Tibet, belonging to SSZ-type ophiolites. The crystallization age of gabbro-diabase in the ophiolite was determined using the Sm-Nd method. The internal isochron age of plagioclase, pyroxene and two whole-rock samples is 126.2 ± 9.1 Ma, which represent the time range for the subduction of the Tethys Ocean. In addition, Nd-Sr-Pb analysis of gabbro-diabase indicates that the gabbro-diabase has high initial $\varepsilon_{\text{Nd}}(t)$ values (6.7–9.1), suggesting that the primitive magma was derived from a strongly depleted mantle and had not undergone contamination with continental crustal materials. The ophiolite has lower initial $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ values of 17.412–17.523 but higher $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ values of 37.352–37.706 and shows higher I_{Sr} values of 0.70278–0.70383, indicating that the Xiugugabu ophiolite originated from the Indian MORB mantle domain.

Key words: Xiugugabu ophiolite; Sm-Nd dating; Nd-Sr-Pb isotopes; southwestern Tibet

About the first author: XU De-ming, male, born in 1964, senior engineer, engages in research on petrology and geochemistry and investigation and evaluation of mineral resources; E-mail: yc502xdm@yahoo.com.cn.