

西藏班公湖—怒江西段舍马拉沟蛇绿岩中 辉长岩年龄测定 ——兼论班公湖—怒江蛇绿岩带形成时代

邱瑞照¹ 周 肃^{2,3} 邓晋福³ 李金发⁴ 肖庆辉^{1,3} 蔡志勇⁵

(1. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037;

2. 岩石圈构造、深部过程及探测技术教育部重点实验室, 中国地质大学, 北京 100083;

3. 中国地质大学, 北京 100083; 4. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074;

5. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640)

提要:对班公湖—怒江西段舍马拉沟蛇绿岩中层状辉长岩的 Sm-Nd、K-Ar 同位素测定结果表明, Sm-Nd 内部等时线年龄为 (191 ± 22) Ma, K-Ar 年龄为 (140 ± 4.07) Ma 和 (152.30 ± 3.60) Ma, 结合地质资料分析, 认为前者代表了洋盆张开年龄为早侏罗世, 后者代表受到洋壳俯冲影响的时间; 根据中段、东段蛇绿岩带已有的资料, 讨论了班公湖—怒江蛇绿岩带的洋盆张开时代、俯冲时间及闭合时代, 认为班公湖—怒江洋盆可能在早侏罗世自东向西同时张开, 中侏罗世开始极性向南的俯冲, 洋盆最终在早侏罗世末封闭。

关 键 词:班公湖—怒江蛇绿岩带; Sm-Nd 和 K-Ar 同位素定年; 西藏

中图分类号:P597 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3657(2004)03-0262-07

蛇绿岩代表消失的古洋壳。研究洋壳的形成、俯冲和侵位时代, 对于特提斯演化和造山带研究具有重要意义。青藏高原位于阿尔卑斯—喜马拉雅构造域, 班公湖—怒江蛇绿岩带是其中重要的组成部分, 该岩带在中国境内长达 2400 km, 西延至克什米尔, 东延进入缅甸, 是国内外长期关注的特提斯演化的重要地段。

在中国境内该岩带按地域分布可分为班公湖—改则、东巧—安多和丁青—怒江 3 段, 一般认为班公湖—怒江蛇绿岩带东老西新, 洋盆自东向西张开^[1]。自 20 世纪 80 年代以来, 中外学者对班公湖—怒江蛇绿岩带的地质构造特征研究已取得大量的成果^[2-5], 但不同地区和地段的研究程度极不平衡, 中、东段研究程度较高^[2, 6-7], 已积累的时代资料有: 在东段丁青地区, 中侏罗世的砂岩和砾岩不整合覆盖在蛇绿岩之上^[8-9], 发现了早侏罗世的放射虫^[9], 丁青东南辉长岩糜棱岩的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄为 (193.3 ± 3.3) Ma^[10]; 在中段东巧地区变质橄榄岩底盘热变质晕角闪石的 K-Ar 年龄为 179 Ma^[2], 上覆的浅海—陆相沉积岩时代为侏罗纪末至早白垩世初^[7, 11]。西段的研究很薄弱^[5, 12], 蛇绿岩的形成时代主要依据地质关系及少量放射虫化

石作推断, 对其形成时代有早白垩世^[13]、晚白垩世至早古近纪初^[14]和中—晚侏罗世^[9]等不同的认识, 因此, 对西段蛇绿岩进行同位素年龄测定, 无疑具有重要意义。本文根据对西段班公湖—改则蛇绿岩带中舍马拉沟层状辉长岩的 Sm-Nd^[14]、Rb-Sr、K-Ar 同位素测年, 结合已有的同位素年龄数据和地质资料分析, 讨论班公湖—怒江蛇绿岩带的形成时代。

1 地质地球化学特征

班公湖—怒江蛇绿岩带西起班公湖南侧, 呈 NW—SEE 向经日土县的门曲囊、班公湖东岸的查拉木拉、界哥拉、洞错北(舍玛拉沟)、东巧、玉多贡玛等地到怒江河谷, 具有明显的地球物理标志, 蛇绿岩带南侧为冈底斯北缘岛弧增生地体^[15], 由酸性—中基性火山岩及侵入岩带组成。蛇绿岩带东段以丁青和类乌齐等地岩体为代表, 其中丁青岩体面积最大, 达 550 km², 侵位于三叠系到中侏罗统^[1], 丁青以东出露的岩体多为单一的超镁铁岩; 中段以东巧蛇绿岩岩体(群)为代表, 该段岩体分布较集中, 构造侵位于中上侏罗统拉贡塘组

收稿日期: 2003-08-22; 改回日期: 2004-04-28

基金项目: 国家自然科学基金重点基金(NSFC40234048); 国土资源部国际合作与科技司专项计划(200010103); 中国地质调查局国土资源地质大调查项目(200113900018)和中国地质大学“岩石圈构造、深部过程及探测技术”教育部重点实验室开放课题(2003009、2003010)联合资助。

作者简介: 邱瑞照, 男, 1963 年生, 博士, 副研究员, 岩石矿物矿床专业; E-mail: ycquizhao@cgs.gov.cn。

表 1 班公湖—怒江西段地幔橄榄岩平均岩石化学成分 (%)
Table 1 Average chemical composition (%) of mantle peridotite in the western segment of the Bangong Co–Nujiang ophiolite belt

岩 带	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Mg [#]	m/f
班公湖Av(23)	45.91	0.09	1.26	5.78	2.75	0.11	43.25	0.67	0.10	0.05	0.03	0.91	9.65
班公湖Min	44.49	0.02	0.44	1.66	0.97	0.05	41.37	0.21	0.02	0.01	0.00	0.89	7.67
班公湖Max	47.48	0.49	2.86	8.87	5.15	0.23	45.14	1.65	0.26	0.23	0.08	0.93	12.57
模拟地幔岩 ^[16]	45.48	0.72	3.57	0.46	8.1	0.14	37.67	3.1	0.57	0.13	0.06	0.89	7.8

注:表中()括号内数字为统计样品数;m/f=(Mg²⁺+Ni²⁺)/(Fe²⁺+Fe³⁺+Mn²⁺);Mg[#]=MgO/(MgO+FeO+0.9*Fe₂O₃)。

表 2 舍玛拉沟辉长岩 Sm–Nd 年龄测定结果
Table 2 Sm–Nd dating of gabbro in the Shemalagou area

样品编号	测定对象	Sm/10 ⁶	Nd/10 ⁶	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd 2σ	εNd
04—1	角闪石	2.627	7.238	0.2196	0.513017 12	6.84
04—1	石榴石	1.195	1.074	0.6727	0.513547 10	6.19
04—1	全岩	3.406	10.23	0.2012	0.512625 9	6.10
04—2a	全岩	3.299	9.643	0.207	0.513053 11	7.01
04—2b	全岩	4.749	19.77	0.1453	0.512956 8	5.38

注:Sm–Nd 等时线年龄采用伯克利年代学中心 K.Ludwig 博士提供的 ISOPLOT 程序(2.31 版)计算,输入参数为:误差 1σ,¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd 误差 1.5%,¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd 误差 0.002%;¹⁴⁷Sm 衰变常数 6.54×10⁻¹² yr⁻¹, 平均球粒陨石 ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd=0.512638,¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd=0.1967^[3]。

或中侏罗统雁石坪群;西段共圈出蛇绿岩体(群)35 个,集中分布于洞错、班公湖一带;不同地段蛇绿岩的共同特征是缺少完整的蛇绿岩组合,多数出露的是蛇绿岩组合的下部单元,多呈构造岩片产出,大多数蛇绿岩体的蛇纹石化十分强烈,有的已完全变为蛇纹岩,或因构造挤压剪切作用变成蛇纹石片岩,并常见变质蛇绿岩与基性火山岩、辉长岩、砂岩、石灰岩、硅质岩等组成的混杂堆积。

舍玛拉沟蛇绿岩位于西段东端,与岩带其他地段一样,缺乏完整的蛇绿岩套剖面,但就该岩带出现的岩石种类看,蛇绿岩套各单元组分能在不同地段找到,大致层序如下:①变形超镁铁岩:分布在拉果错北,去申拉附近的那格沟、拉它沟、直若错等地,主要岩石为方辉橄榄岩、二辉橄榄岩、斜方辉石岩。岩石普遍蛇纹石化,蚀变强者全变为蛇纹岩。②超镁铁质—镁铁质堆晶岩:堆晶岩分布广,已知有去申拉、扎西错、直若错等地。组成堆晶岩的岩石类型主要有橄榄岩、橄榄辉长岩、辉长岩、角闪辉长岩等。③辉绿岩岩墙群、辉长岩岩床:已知的有去申拉南西那格沟辉绿岩岩墙穿插在“层状”堆晶岩中;去申拉南东的舍玛拉沟辉长岩呈东西向分布,出露宽度约 500 m,延长数千米,其上被白垩系下统去申拉组

(K₁q)的安山质熔结角砾岩、熔结凝灰岩等不整合覆盖。④枕状玄武岩(枕状熔岩):枕状熔岩分布在去申拉、扎西错等地区,其中以去由拉的舍玛拉沟出露最好,厚达 1400 m,岩石类型有玄武岩、杏仁状玄武岩、球粒玄武岩等。⑤在去申拉、直若错一带还发现有深海硅质岩(含侏罗纪放射虫化石),夹于枕状熔岩、火山碎屑岩等岩层中^①。

班公湖—怒江西段蛇绿岩属于阿尔卑斯橄榄岩—蛇纹岩组合类型,岩石地球化学研究表明(表 1),其中地幔橄榄岩以方辉橄榄岩为主,与模拟地幔岩成分^[16]相比,MgO 明显偏高,Al₂O₃、CaO、Na₂O、K₂O、TiO₂ 显著偏低,具有富镁、贫铝、钙、碱的特点(表 1);具有较高的 Mg[#] 值和 m/f 值,属于镁质超基性岩(m/f>6.5,吴利仁,1963),表明班公湖—怒江西段的地幔橄榄岩代表了具有较高熔融程度的地幔熔融残余物质。根据最新资料^[15],地幔橄榄岩稀土元素都为轻稀土富集型,可能指示地幔橄榄岩先经历了较强的部分熔融,后经历了俯冲消减过程中的流体交代;微量元素中大离子亲石元素 Rb、不活动元素 Nb、Zr、Hf 和放射性生热元素 Th 等的丰度较高(相对于 N–MORB 和原始地幔^[17]),以及 Ti、Sm、Y、Yb 等强不相容元素亏损的特点,Pb、Sr 同位素都具有壳幔混合物源同位素的特点,说明班公湖—怒江西段蛇绿岩带都为产于消减带之上的 SSZ 型蛇绿岩^[15]。

2 样品采集、测定方法与结果

2.1 样品采集

同位素测年样品采自舍玛拉沟的层状堆晶辉长岩(32°19′22″N,84°44′27″E),属蛇绿岩套层序中的“第三层”(图 1),根据地质关系,该辉长岩体被中侏罗统木嘎冈日群和白垩系下统去申拉组不整合覆盖,其形成时代应该早于中侏罗世。

2.2 测定方法

样品碎至 40~60 目,用超声波在丙酮和蒸馏水中清洗数次,直至溶液清静为止,倾干溶液后,将样品于 150℃条件下烘烤 6~8 小时后备用。考虑到蛇绿岩定年的难度大,同时选用了 K–Ar、Rb–Sr、Sm–Nd 等多方法测定。

K–Ar 法: 样品钾含量由国家地质实验测试中心测定,

①西藏地质矿产局区域地质调查大队,1:100 万改则幅区域地质调查报告,1986。

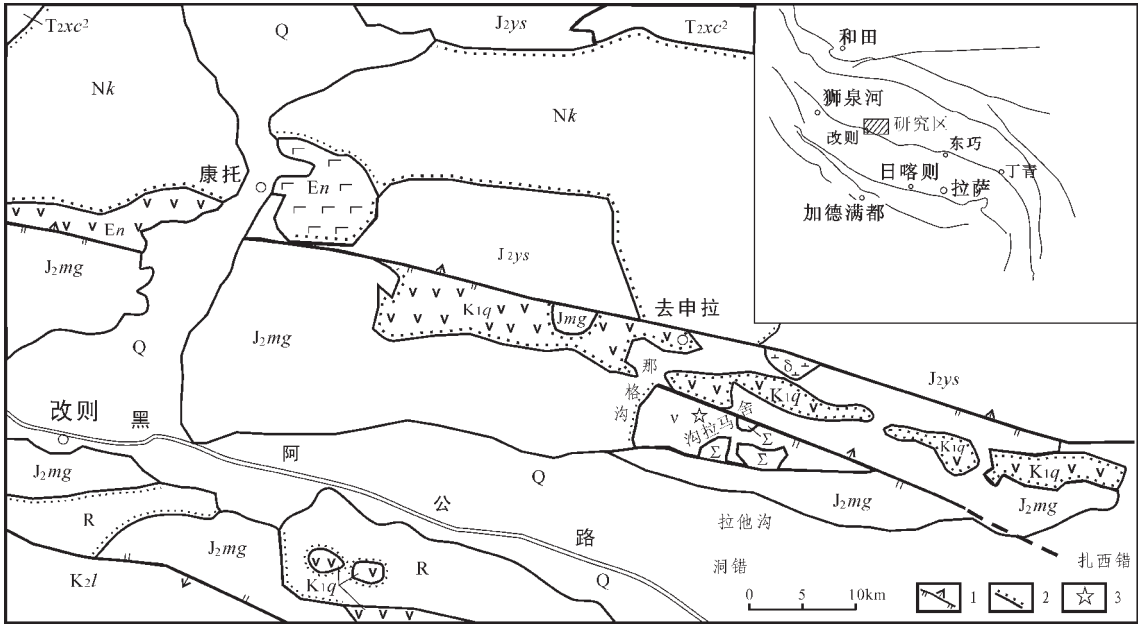


图1 班公湖—怒江蛇绿岩带西段舍马拉沟地质简图

Q—第四系;Nk—新近系;En—古近系;R—新近系古近系;K₂l—上白垩统;K₁q—下白垩统去申拉组;
J₂ys—中侏罗统;J₂mg—中侏罗统木嘎岗日群;T₂xc²—上三叠统;δ—燕山早期闪长岩;β—辉绿玢岩;
ν—辉长岩;Σ—基性—超基性岩;1—断层;2—不整合界线;3—同位素测年样采样点

Fig. 1 Geological sketch map of Shemalagou in the western segment of the Bangong Co-Nujiang ophiolite belt

Q—Quaternary; Nk—Neogene; En—Paleogene; R—undivided; K₂l—Upper Cretaceous; K₁q—Lower Cretaceous Qishenla Formation;
J₂ys—Middle Jurassic; J₂mg—Jurassic Muggar Kangri; T₂xc²—Upper Triassic; δ—early Yanshanian diorite;
β—diabase porphyrite; ν—gabbro; Σ—basic-ultrabasic rock; 1—Fault; 2—Unconformity; 3—Isotopic sampling site

采用方法为酸溶法,仪器型号为SH1AAS9442原子吸收光谱(由北京第二光学仪器厂生产),测量误差小于0.1%。氩同位素比值在石油勘探开发研究院实验中心的MM5400静态真空质谱计采用同位素稀释法测定。³⁸Ar同位素稀释剂的纯度为99.99%。每次进行样品氩同位素比值分析时,均用黑云母标样(ZBH-25,标准年龄为133.2 Ma)对仪器进行性能稳定性检测^[18]。

Sm-Nd、Rb-Sr分析在国家地质实验测试中心测定,测定方法详见文献^[14]。

2.3 测定结果

从Sm-Nd分析结果(表2,图2)可以看出:全岩—矿物内部等时线年龄为(191±22) Ma;Rb-Sr分析(表3)因样品点分布离散,线性关系差,没能给出等时线年龄;K-Ar法测定,获得两个年龄分别为(140±4.07) Ma和(152.30±3.60) Ma(表4)。

对同一样品进行测定,K-Ar和Sm-Nd两种方法的结

果相差40~50 Ma,可能代表了不同的地质意义。辉长岩被中侏罗统木嘎岗日群覆盖(图1),而在日阿色获得木嘎岗日群中玄武岩的同位素年龄为167.5 Ma(K-Ar法)^①,所以,舍马拉沟辉长岩的Sm-Nd内部等时线年龄为(191±22) Ma(表2,图2)与根据地质事实推测时代应该早于中侏罗世一致;从所选用的测年方法上看,Sm-Nd法对后期热事件、蚀变等具有很强的抗干扰性,因而,(191±22) Ma的Sm-Nd年龄代表了辉长岩的侵位年龄;而蛇绿岩中辉长岩(或堆晶辉长岩)通常代表岩石圈伸展洋壳形成时期的岩浆岩活动产物,起源于洋脊下的岩浆房,它的形成年龄往往代表洋壳形成时代^[19],所以,(191±22) Ma也代表了班公湖—怒江蛇绿岩带西段洋壳张开的年龄。

辉长岩的全岩和角闪石的K-Ar年龄分别为(140±4.07) Ma,(152.30±3.60) Ma(表4),明显低于Sm-Nd年龄(191±22) Ma。从方法上看,K-Ar法年龄通常代表的是岩体冷却到达K-Ar体系封闭温度的时间,上述K-Ar年龄显然

① 西藏地质矿产局区域地质调查大队,1:100万改则幅区域地质调查报告,1986。
② 简平,刘敦一,张旗,等.蛇绿岩及蛇绿岩中浅色岩的SHRIMP U-Pb年龄:简要评述,“同位素地质新进展:技术、方法、理论与应用”会议论文摘要,2003。

表 3 舍玛拉沟辉长岩 Rb-Sr 测定结果
Table 3 Rb-Sr dating of gabbro in the Shemalagou area

样品编号	测定对象	Rb/10 ⁻⁶	Sr/10 ⁻⁶	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	2σ	(⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr) _i
04-1	全岩	6.006	286	0.0608	0.70602	6	0.7059
04-2a	全岩	7.315	140.1	0.1511	0.70648	23	0.7061
04-2b	全岩	2.533	172	0.0426	0.70459	13	0.7045

注:04-2a 和 04-2b 为同一块样中依矿物粒度差异而分出的样。

不可能代表辉长岩的冷却年龄。已有研究表明,后期地质作用中的热、动力和交代作用等对 K-Ar 体系的矿物封闭温度有很大的影响,角闪石的封闭温度是 500 ℃,高于这一温度的热事件将使 K-Ar 计时器重新启动。班公湖—怒江蛇绿岩带都为俯冲带之上的 SSZ 型蛇绿岩^[5],蛇绿岩带南侧为与洋壳俯冲有关的和与大陆碰撞有关的火成岩组合构成的冈底斯北带弧火成岩,与蛇绿岩带一起构成的成对岩浆带,明确指示了洋壳向南俯冲的极性^[15];辉长岩的 K-Ar 年龄(140~152.30 Ma)高于冈底斯北带西段与俯冲/碰撞有关的弧火成岩时代(75~124 Ma),说明辉长岩侵位后确实发生了俯冲事件。所以,辉长岩的 K-Ar 年龄(140~152.30 Ma)很可能是代表受洋壳向南俯冲事件影响的年龄。

表 4 舍玛拉辉长岩 K-Ar 年龄测定结果
Table 4 K-Ar dating of gabbros
in the Shemalagou area

样品编号	测定对象	年龄 t/Ma
04-1	角闪石	140 ± 4.07
04-2	全岩	152.30 ± 3.60

注:K-Ar 年龄计算公式参见文献^[16]。

3 班公湖—怒江蛇绿岩形成时代讨论

青藏高原中新世代特提斯演化是在晚古生代地台背景上发生的^[1-3]。蛇绿岩是俯冲消失的古洋壳残片,从洋壳形成→俯冲→消失的过程来看,蛇绿岩的时代应该包括洋壳扩张、俯冲和最终构造侵位的时代,区分这些时代对于特提斯演化和造山带研究具有重要意义。尽管地震层析成像填图证实^[19]绝大部分大洋岩石圈已通过俯冲方式再循环重新回到地幔去了,蛇绿岩套所记录的古构造演化史是残缺的,但伴随洋壳形成→俯冲→消失的过程可形成一系列的火成岩,因此,洋壳扩张、俯冲和最终构造侵位的时代可以结合其他资料进行约束。以下主要根据已有的同位素年龄和地质资料讨论班公湖—怒江蛇绿岩的形成时代及其所伴随的构造—岩浆事件序列。

3.1 洋盆张开时代

据报道在东段丁青地区,中侏罗世的木嘎岗日群砂岩和砾岩不整合覆盖在蛇绿岩之上^[8-9],在中段东巧地区,岩体“侵位”于中侏罗统木嘎岗日群^[1],而原来认为是中侏罗世的木嘎岗日群现已被 1:25 万区调解体^[20],根据新的地层剖面化石资料^①,木嘎岗日群时代可能为晚侏罗世—早白垩世,比原来认为的中侏罗世晚。对于东段丁青岩体形成时代有两种不同的认识,焦点是对岩体南侧分布的同一套砂砾岩(砾石成分为超镁铁岩和硅质岩)的时代认识不同:西藏地质志(1993)认为属于晚侏罗世^[1],而拉萨幅 1:100 万区域地质调查报告(1979)根据其中瓣鳃及腹足类化石鉴定定为早侏罗世,因此推测丁青岩体侵位时代为中三叠世—晚三叠世。根据地层资料,晚三叠世晚期为海陆交互环境,沉积了含煤碎屑岩地层;丁青东部的长江源区,赤布张错幅 1:25 万区域地质调查在安多县雀莫错西部上三叠统甲丕拉组中发现伟齿蛤化石群^②,该化石属于双壳类软体动物,指示其生存环境为热带浅水(水深不超过 20 m)碳酸盐台地环境,沉积岩相和化石都说明晚三叠世不具备洋壳发育的环境;而丁青岩体上部深海硅质岩中的放射虫^[9,21-22]则说明侏罗纪才为深海环境;在丁青东南辉长岩糜棱岩的 ⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄为 (193.3±3.3) Ma^[10],因此,丁青岩体的形成时代应该晚于晚三叠世,所以东段洋盆张开很可能是早侏罗世。

中段东巧地区的地幔橄榄岩底盘变质角闪石 K-Ar 年龄为 179 Ma^[9],但是由于地幔橄榄岩底盘变质角闪石显然是地幔橄榄岩退变质的产物,此年龄只能说明洋壳在中侏罗世有一次构造侵位,其上覆浅海—陆相沉积岩时代为侏罗纪末至早白垩世初期^[7,11],可能说明这次构造侵位并没有使洋盆关闭,因此中段洋盆张开应早于中侏罗世。

西段的舍马拉沟蛇绿岩中“层状辉长岩”是岩浆房堆晶,(191±22) Ma 可代表岩石圈伸展、洋壳形成的岩浆岩活动时间;在岩带西段日土县达布乌如和班公湖南岸蛇绿岩中硅质岩的放射虫时代为侏罗纪^[1],所以,班公湖—怒江蛇绿岩带西段洋壳张开的时代也为早侏罗世。

综上,说明班公湖—怒江蛇绿岩带从东到西洋盆张开时间基本上是一致的,在早侏罗世同时张开,这与以往认为班公湖—怒江洋盆是在中侏罗世至白垩纪期间由东向西依次张开和闭合的认识不同^[1]。

3.2 俯冲时间

洋壳通过俯冲作用消失,蛇绿岩与火成岩组合成分分布是确认俯冲作用存在的重要地质学标志^[23],班公湖—怒江蛇绿岩带与其南侧的冈底斯北带与大洋俯冲碰撞有关的火成

① 李晓勇,邹爱建,徐银保,等.对藏北嘎色地区“木嘎岗日群”的新认识,“青藏高原及邻区地质与资源环境学术讨论会”论文摘要汇编,2003.
② 姚华舟,沙金庚,张仁杰,等.长江源区发现晚三叠世伟齿蛤化石新属种,“青藏高原及邻区地质与资源环境学术讨论会”论文摘要汇编,2003.

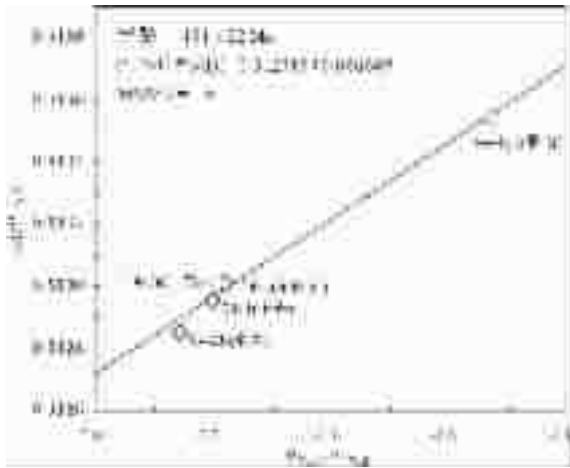


图2 舍玛拉沟辉长岩全岩-矿物内部等时线
Fig. 2 Sm-Nd whole rock- mineral internal isochron age of gabbro in the Shemalagou ophiolite

岩组合成对分布,指示了洋壳向南俯冲的极性。在中段东巧地区,地幔橄榄岩底盘变质角闪石 179 Ma K-Ar 年龄代表蛇绿岩最早的一次构造侵位,东段丁青东岩体发现玻安岩系^[24],说明为弧前环境。值得注意的是,在西段位于班公湖与狮泉河蛇绿岩带之间的日土—狮泉河火山岩带中也发现玻安岩^[25];火山岩测年表明,班公湖—怒江蛇绿岩带火山作用时代主要为中晚侏罗世,早期岩性主要为岛弧拉斑玄武岩(IAT)^[25],由早期至晚期具有由岛弧拉斑玄武岩系列向钙碱性系列演化的趋势。在东巧蛇绿岩水帮屋里玄武岩中测得 145 Ma(K-Ar)年龄,东巧蛇绿岩带与北测得南羌塘盆地之间的一套弧火山岩中的安山岩 K-Ar 年龄 141 Ma^①,西段洞错—去申拉火山岩 K-Ar 年龄 141~167 Ma,这些年龄与舍玛拉沟辉长岩的 K-Ar 年龄(140±4.07) Ma 和(152.30±3.60) Ma(表 4)相当。原作者^①认为在东巧地区洋壳是向南和向北的双向俯冲,但从区域上看,班公湖—怒江蛇绿岩带的中侏罗世地幔橄榄岩底盘变质角闪石、中侏罗世玻安岩和岛弧拉斑玄武岩(IAT)在同一空间共生,说明洋壳在中侏罗世俯冲并伴随洋内弧的形成,与大洋俯冲/碰撞有关的火成岩组合出现在班公湖—怒江蛇绿岩带南侧,说明班公湖—怒江洋盆在中侏罗世时开始的俯冲消减作用是极性向南的区域性俯冲,伴随俯冲形成班公湖—怒江带的 SSZ 型蛇绿岩与大洋俯冲/碰撞有关的火成岩组合,由此构成冈底斯北部岛弧增生地体(冈底斯火成岩北带)^[25]。

3.3 洋盆闭合时代

对于蛇绿岩与上覆地层的关系,中段兹格塘错幅(1:25

万)确定下白垩统东巧组与东巧蛇绿混杂岩为角度不整合关系^[26]。在西段日土幅 1:100 万区调报告^②认为蛇绿岩均为下白垩统所不整合覆盖,如日土西侧蛇绿岩被下白垩统玉多组(K_{1-2y})(灰岩、生物灰岩,底部是砾岩)所不整合覆盖,因此认为班公错—怒江缝合带西段日土一带蛇绿岩在早白垩世以前发生构造侵位。对此郭铁鹰等^[26]有不同的认识,依据是班公湖及日土县城北部蛇绿岩侵位于含有放射虫的侏罗系复理石和含有圆笠虫灰岩的下白垩统之中,且与下白垩统围岩一起褶皱变形,采自日土县门曲囊蛇绿岩中硅质岩的放射虫为 *Canellipsis*, *Lithamitro*, 在其附近相应地层中含珊瑚 *Diplaraea* sp. 和固着蛤 *Toucoria* sp. 等,其时代为早白垩世(K₁),蛇绿岩又为含有大量蛇纹岩砾石的上白垩统砾岩层(K₂)不整合覆盖^[25],因此,推测其侵位时代为早白垩世末。分析他们的证据,主要分歧是对不整合覆盖蛇绿岩的盖层时代认识不一致。实际上,对于造山带而言,仅仅依据地层接触关系或放射虫确定蛇绿岩时代是很不够的,对于绝大多数都以构造岩片形式产出的西藏蛇绿岩而言可能更是如此,而伴随洋壳俯冲的不同阶段会出现不同的火成岩组合,因此用火成岩构造组合的时代能更好地约束洋盆的闭合时代。从已有的班公湖—怒江蛇绿岩带南侧的弧火成岩年龄资料来看,冈底斯北带西段俯冲/碰撞弧火成岩组合的时代(75~124) Ma,东段俯冲/碰撞弧火成岩组合的同位素年龄(75~139.8) Ma^[25],说明班公湖—怒江洋盆最终封闭在早白垩世末,支持郭铁鹰等^[26]的认识,从东西段与俯冲/碰撞弧火成岩组合岩石的同位素年龄差异看,有可能洋盆闭合东段早西段晚。

综上所述,班公湖—怒江蛇绿岩的形成时代或特提斯演化过程可能为:洋盆在早侏罗世自东向西同时张开,J₂ 开始区域性向南俯冲伴随洋内弧的形成,导致地幔橄榄岩底盘变质角闪石、玻安岩和岛弧拉斑玄武岩(IAT)在同一空间共生,早白垩世至早白垩世末俯冲形成与大洋俯冲/碰撞有关的弧火成岩以及 SSZ 型蛇绿岩,洋盆最终在早白垩世末封闭。

参考文献(References):

[1] 西藏自治区地质矿产局. 西藏自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1993.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Xizang Autonomous Region. Regional Geology of Xizang(Tibet) Autonomous Region [M]. Beijing: Geological Publishing House,1993(in Chinese).
[2] 王希斌,鲍佩声,邓万明,等. 西藏蛇绿岩[M]. 北京:地质出版社,1987.
Wang Xibing, Bao Peisheng, Deng Wanming, et al. Xizang (Tibet)

① 郑有业,许荣科,赵甲平,等.藏北东巧蛇绿混杂岩带北侧杂岩见岛弧的厘定及地质意义,青藏高原及邻区地质与资源环境学术讨论会论文摘要汇编,2003.
② 西藏自治区地质矿产局. 日土幅 1:100 万区域地质调查报告,1987.

- Ophiolite[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987(in Chinese).
- [3] 肖序常, 李廷栋. 青藏高原的构造演化与隆升机制[M]. 广州: 广东科学技术出版社, 2000.
- Xiao Xuchang, Li Tingdong. Tectonic Evolution and Uplift Mechanism of Qinghai-Tibet Plateau [M]. Guangzhou: Science and Technology Press of Guangdong, 2000.
- [4] 张旗, 钱青, 王焰. 蛇绿岩岩石组合及洋脊下岩浆作用[J]. 岩石矿物学杂志, 2000, 19(1): 1~7.
- Zhang Qi, Qian Qing, Wang Yan. Rock assemblages of ophiolites and magmatism beneath oceanic ridges[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2000, 19(1): 1~7.
- [5] 郭铁鹰, 梁定益, 张益智, 等. 西藏阿里地质[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991.
- Guo Tieying, Liang Dingyi, Zhang Yizhi, et al., Geology of Ngari, Tibet(Xizang)[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1991(in Chinese with English abstract).
- [6] Pearce J A, Deng Wanming. The ophiolite of the Tibet Geotraverse, Lhasa to Golmud (1985) and Lhasa to Kathmandu (1986)[A]. In: Chang C (ed.). The Geological Evolution of Tibet[C]. London: The Royal Society, 1988. 215~238.
- [7] 邓万明. 藏北东巧—怒江超基性岩带的岩石成因[A], 见: 喜马拉雅地质 II [C]. 北京: 地质出版社, 1984.
- Deng Wanming. The genesis of ultrabasic rock belt in Dongqiao-Nujiang, North Tibet[A]. In: Himalaya Geology II [C]. Beijing: Geological Publishing House. 1984(in Chinese).
- [8] 李秋生, 王建平. 西藏东部丁青—怒江蛇绿混杂岩带的地质特征[A]. 见: 张旗主编. 蛇绿岩与地球动力学研究[C]. 北京: 地质出版社, 1996. 195~198.
- Li Qiusheng, Wang Jianping. Geological features of the ophiolite complex in the Dingqing-Nujiang river area, east Tibet [A]. In: Zhang Qi(ed.). Study on Ophiolite and Geodynamics[C]. Beijing: Geological Publishing House, 1996. 195~198 (in Chinese with English abstract).
- [9] 李红生. 西藏丁青地区早侏罗世放射虫[J]. 微体古生物学报, 1988, (5): 323~330.
- Li Hongsheng. Early Jurassic radiolarian fossils in Dingqing Area, Tibet[J]. Micro-paleontology Transaction, 1988, 5: 323~330 (in Chinese with English abstract).
- [10] 游再平. 西藏丁青蛇绿混杂岩 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年代学[J]. 西藏地质, 1998, (2): 24~30.
- You Zaiping. Geochronology of ^{40}Ar - ^{39}Ar of ophiolite complex in Dingqing area, North Tibet China. Tibet Geology[J]. 1998, (2): 24~30(in Chinese with English abstract).
- [11] Girardeau J, Marcous J, Fourcade E, et al. Xainxa ultramafic rocks, central Tibet, China: tectonic environment and geodynamic significance[J]. Geology, 1985, 13: 330~333.
- [12] 邓万明. 基性—超基性岩[A]. 见: 中国科学院青藏高原综合科学考察队主编. 喀喇昆仑山—昆仑山地区地质演化[C]. 北京: 科学出版社, 2000.
- Deng wanming. Basic-ultrabasic rocks[A]. In: Integrated Scientific expedition to the Qinghai-Xizang Plateau, Chinese Academy of Sciences(ed.). Geological Evolution in Kalakorum and Kunlun Mountains[C]. Beijing: Science Press, 2000.
- [13] 赵崇贺, 李国良. 阿里地区蛇绿岩[A]. 见: 郭铁鹰主编. 西藏阿里地质[C]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991. 201~261.
- Zhao Conghe, Li Guoliang. Ophiolite in Ngari area[A]. In: Guo Tieying (ed.). Geology of Ngari Tibet(Xizang)[C]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1991. 201~261(in Chinese).
- [14] 邱瑞照, 肖润, 周肃, 等. 藏北班公湖—怒江带中段舍玛拉沟蛇绿岩中辉长岩 Sm-Nd 同位素年龄和 Sr, Nd 同位素特征[J]. 地质论评, 2002, 48(增刊): 64~68.
- Qiu Ruizhao, Xiao Run, Zhou Su, et al. Geochronology and Nd, Sr isotope characteristics of gabbro dikes from Shemalagou area in the middle of Bangong-Nujiang ophiolite belt, North Tibet [J]. Geological Review, 2002, 48(Supp.): 64~68(in Chinese with English abstract).
- [15] 邱瑞照. 青藏高原西部火成岩与新特提斯构造演化(博士论文)[D]. 北京: 中国地质大学, 2002.
- Qiu Ruizhao. Igneous rocks and tectonic evolution of the Neo-Tethyan in the western Tibetan Plateau [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2002.
- [16] Ringwood A E. Composition and Petrology of the Earth's Mantle [M]. New York: Mcgraw-Hill, 1975.
- [17] Condie K C. Geochemical changes in basalts and andesites across the Archaean-Proterozoic boundary: identification and significance [J]. Lithos, 1989, 23: 1~18.
- [18] 同位素地质样品分析方法(DZ-T 0184.1-0184.22-1997). 北京: 中国标准出版社, 1997.
- Isotopic Analysis Methods of Geological Samples (DZ-T 0184.1-0184.22-1997). Beijing: Chinese Publishing Company of Standard, 1997.
- [19] Maruyama S. Plume Tectonics [J]. Geol. Soc. Japan, 1994, (100): 24~49.
- [20] 中国地质调查局. 青藏高原首批 1:25 万区域地质调查成果专辑: 班公错—怒江接合带[J]. 地质通报, 2004, 23(1): 61~62.
- China Geological Survey. Results and progress of regional geological survey: the Bangong Co-Nujiang juncture zone[J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(1): 61~62 (in Chinese with English abstract).
- [21] 邹光富. 西藏丁青地区蛇绿岩岩石地球化学特征及其成因意义[J]. 西藏地质, 1993, (2): 46~48.
- Zhou Guangfu. Geochemical characteristic and its genesis significance of ophiolite rocks in Dingqing area of Tibet[J]. Tibet Geology, 1993, (2): 46~48(in Chinese with English abstract).
- [22] 郑一义. 西藏丁青地区蛇绿岩—混杂岩的发现[A]. 见: 青藏高原地质文集(第 13 期)[C]. 北京: 地质出版社, 1983.
- Zheng Yiyi. The discovery of ophiolite-mictite in Dingqing area of Tibet[A]. In: Geological Corpus in Qinghai-Tibetan Plateau (No. 13) [C]. Beijing: Geological Publishing House, 1983(in Chinese).
- [23] 邓晋福, 莫宣学, 魏启荣, 等. 三江地区火山作用与特提斯演化[A]. 见: 莫宣学主编. 三江特提斯火山作用与成矿[C]. 北京: 地质