

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

西昆仑西段三叠纪两类花岗岩年龄测定及其构造意义

张传林^{1,2)}, 于海锋³⁾, 王爱国²⁾, 郭坤¹⁻²⁾

1) 中国科学院广州地球化学研究所, 510640; 2) 中国地质调查局南京地质矿产研究所, 210016

3) 中国地质调查局天津地质矿产研究所, 300170

内容提要:西昆仑造山带海西晚期—印支早期(三叠纪)花岗岩发育,但已有的测年资料、岩石地球化学研究及少量的构造学观察还没有对本区这一时期造山事件的时间尺度做到准确把握。对西昆仑西段海西晚期两类构造特征完全不同的花岗岩露头尺度的观察、锆石 U-Pb 定年结果表明,一类含石榴子石片麻状花岗岩形成时代为 240.5 ± 1.8 Ma,表现出同造山过程中的花岗岩变形特征;另一类块状含角闪石花岗岩的年龄为 228.2 ± 1.5 Ma。根据两个岩体的构造特征,结合前人的研究及地球化学特征,表明含石榴子石片麻状花岗岩形成于同碰撞造山时期,是甜水海地体与西昆仑南带晚古生代岛弧沿麻扎—康西瓦缝合带碰撞峰期的产物,代表了沿麻扎—康西瓦分布的古特提斯洋一个分支的闭合,而 228 Ma 块状含角闪石花岗岩形成于碰撞造山后的伸展背景。220~190 Ma 持续发育的花岗岩是南昆仑地体拼合到北昆仑地体之后在其南部形成的新的深成岩浆弧带。这一研究为西昆仑海西晚期—印支早期构造演化提供了更精细的时间制约。

关键词:西昆仑;三叠纪花岗岩;锆石 U-Pb SHRIMP 年龄;构造特征;构造意义

位于青藏高原北缘的西昆仑造山带,北邻塔里木板块(古亚洲构造域),南以喀喇昆仑断裂与羌塘地块相接(特提斯构造域)(任纪舜等,1999),属于中央造山带的最西段(姜春发等,2000)。Sengor 等(1991)认为,西昆仑在古生代—中生代时期是连续增生的复理石杂岩,在增生杂岩向南部生长达到一定的规模,深成岩向南迁移形成一个弧系统(岩浆弧?)。潘裕生等(1994)、潘裕生(1999,2000)、邓万明(1991,1995)、Matte 等(1996)认为显生宙时期由于多次的弧-陆碰撞形成西昆仑复合造山带。依据潘裕生等(1994)、潘裕生(2000)的研究,以加里东期库地—苏巴什缝合带为界,其北部为北昆仑地体、南部为南昆仑地体,分别对应加里东期花岗岩带和海西期花岗岩带,在加里东花岗岩带中(北昆仑地体)还分布了少量的前寒武纪花岗岩(汪玉珍等,1987;张传林等,2003)(图1)。南昆仑地体的南界,是海西—印支期麻扎—康西瓦—木孜塔格缝合带。在南昆仑地体中发育了大量的海西期—印支早期花岗岩,其中海西期花岗岩很大一部分属于岛弧型或碰撞型(张玉泉等,1998;郭坤一等,2002;中国地质调查局,2004)(图1)。依据前人的认识,沿麻扎—康西瓦发

育的西昆仑海西—印支期的主造山期发生在 200~240 Ma 之间,这表明海西—印支期造山至少持续到 200 Ma。在以前的研究中,对海西—印支期花岗岩的研究主要侧重于地球化学属性,而构造研究比较薄弱。我们这里报道了西昆仑西段两个构造特征完全不同的海西晚期—印支早期花岗岩的测年结果,并结合构造地质观察,表明西昆仑南带的海西晚期的造山作用在 240 Ma 左右达到顶峰,形成同碰撞的含石榴子石片麻状花岗岩。在造山后发生过短时间的伸展,形成 228 Ma 块状含角闪石花岗岩。而 220~190 Ma 持续发育的花岗岩,应是甜水海地体拼贴到南昆仑地体之后在其南侧形成的新的岩浆弧,沿麻扎—康西瓦缝合带形成于海西末期且没有持续到印支早期。这一研究为西昆仑海西晚期—印支早期的构造演化提供了更精细的时间制约。

1 岩体及岩石学特征

这里报道的两个岩体分别出露在布伦口村北片麻状花岗岩及在科岗一带的块状花岗岩。由于区域地质研究程度极低(在这一区域尚无 1:20 万资料,仅有根据路线地质调查编制的 1:100 万地质图,现

注:本文为国家自然科学基金项目(编号 40303007)和中国地质调查局项目(编号 200113900070)资助的成果。

收稿日期:2004-09-28;改回日期:2005-04-23;责任编辑:刘淑春。

作者简介:张传林,男,1968年生。博士,构造地质学专业。现工作于南京地质矿产研究所。Email:zchuanlin@sina.com。

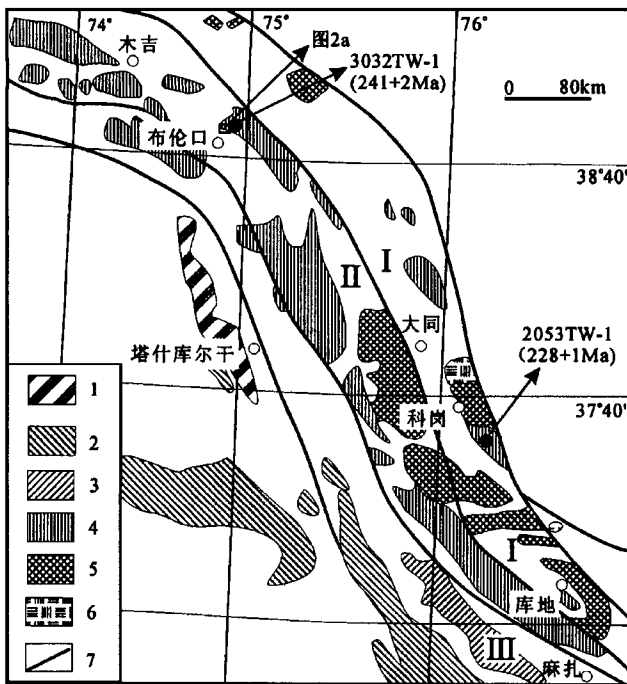


图1 西昆仑西段花岗岩带分布略图(据汪玉珍等,1987)

Fig.1 Simplified distribution map of the granites in west part of West Kunlun (after Wang et al., 1987)

I—北昆仑地体; II—南昆仑地体; III—甜水海地体; 1—塔什库尔干新生代碱性杂岩带; 2—燕山期花岗岩带; 3—印支期花岗岩带; 4—海西期花岗岩带; 5—加里东期花岗岩带; 6—前寒武纪花岗岩; 7—断层

I—North Kunlun terrance; II—South Kunlun terrance; III—Tianshuihai terrance; 1—Tashikuergan Cenozoic alkaline intrusive complex; 2—Yanshanian granitoid belt; 3—Indosinian granitoid belt; 4—Hercynian granitoid belt; 5—Caledonian granitoid belt; 6—Precambrian granites; 7—fault

正在进行1:25万地质测量),本文所涉及的岩体出露面积均不清楚,因此只能根据笔者的路线地质调查的结果,结合新疆第二区域地质调查大队1:5万填图资料^①,对两类岩体的野外特征及岩石类型做一概述。

1.1 片麻状花岗岩

海西晚期片麻状花岗岩主要见于塔县东部、塔县东南的瓦恰及布伦口村北等地区^①。在中巴国际公路的苏巴什达坂以南,有大量含石榴子石片麻状花岗岩转石,但由于工作程度的限制,对这些片麻状花岗岩的出露情况尚不清楚。我们重点调查了出露在布伦口北部的片麻状花岗岩,虽然未能圈定岩体完整的边界,但多条调查路线观察到的花岗岩构造变形特征是一致的。岩体侵入于布伦阔勒群一套高级变质的副变质岩系(石榴夕线片麻岩),前人将这

套高级副变质岩的时代厘定为古元古代^①,它与西昆仑东段的桑珠塔格群在岩性、变质特征上完全一致,Zhang等(2003)对布伦阔勒群及许志琴等(2004)对桑珠塔格群的锆石SHRIMP U-Pb定年表明,分布于西昆仑主脊一带的高级副变质岩沉积时间可能在新元古代—早古生代,而不是前人认为的古元古代(确定其时代尚需进一步工作)。花岗岩的矿物组成包括:石榴子石(无或微量~2%)、黑云母(2%~5%)、斜长石(25%~35%)、钾长石(20%~30%)、石英(30%~40%)等,副矿物包括磷灰石、铁质矿物(氧化物)、锆石等。从野外及薄片的鉴定综合分析,石榴子石均为自形晶,其中包裹有具有强烈波状消光的石英、长石等,黑云母自形程度较高,具有定向分布特征,在露头上黑云母分布不均匀,局部露头上黑云母可达20%,并呈条带状分布。在岩体与变质地层之间的界线截然,并在主岩体周围见到相同岩性的花岗岩脉侵入到地层中(图2a,b),但在岩体边界的变质地层中没有见到典型的热接触变质矿物。对花岗岩的边界追踪调查显示,花岗岩的接触边界在南西部向外倾,倾角在30~60°之间,花岗岩中的面理产状与围岩面理的产状一致(图2c),类似“整合”接触。在围岩中发育的矿物拉伸线理向南或南西倾(图2c)。花岗岩中的片麻理一般在边缘更加发育,并发育流变褶皱,向岩体中心片麻理有减弱趋势。依据王涛等(1999)、王涛(2002)的研究,岩体内部的变形所形成的面理有4种可能的机制,包括岩浆流动过程中形成的流动面理、亚岩浆/亚固态流动中形成的面理、岩浆固结晚期的高温固态变形形成的面理及岩浆固结后中—低温固态变形形成的面理。依据:①岩体中的片麻理产状与侵入的围岩面理产状一致;②由花岗岩中矿物定向排列构成的片麻理及围岩中的面理发育相似剪切褶皱变形;③矿物拉伸线理在区域上具有比较稳定的产状(向南倾伏);④在薄片中没有观察到矿物的碎裂和重结晶现象。我们推测岩体的变形受到前三种机制的控制,它们形成于岩浆侵位过程中,具有强力就位特征,与伸展环境下的被动就位表现出的结构、构造特征有很大差异,说明就位过程中区域构造应力场为挤压性质。另外,新疆第二区域地质大队在塔什库尔干县东部1:5万填图中也发现大量的具有强力就位特征的片麻状含石榴子石或二云母花岗岩^①。

1.2 块状花岗岩

本文涉及的块状花岗岩出露在科岗一带,属于北昆仑地体,这一岩带一直被认为是加里东侵入岩

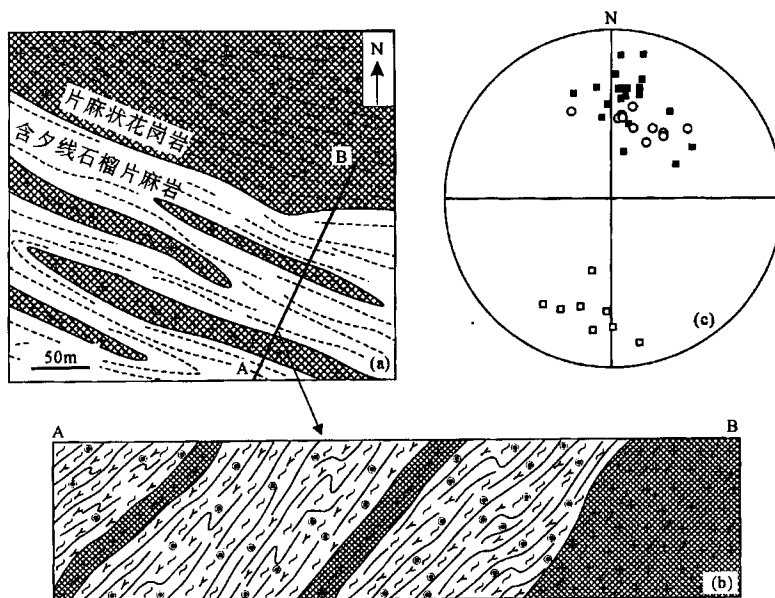


图 2 布伦口北含石榴子石片麻状花岗岩边界地质略图(a),含石榴子石片麻状花岗岩剖面图(b),片麻状花岗岩及围岩构造要素统计(c)

Fig. 2 Geological map of the garnet-bearing gneissoid granite and its wall rocks in north of Bulunkou (a); geological section of the garnet-bearing gneiss granites (b); statistical map of the structural elements from the garnet-bearing gneissic granite and its wall rock (c)

(c)图中下半球投影,黑方块为夕线石榴片麻岩围岩面理极点;空心圆为花岗岩的面理极点;空心方块为围岩中的矿物拉伸线理
In (c): Low-hemisphere projection, the black square indicates the vertex of the foliations from the sillimanite garnet gneiss wall rock; the blank circle indicates the vertex of the foliations from the garnet-bearing granite; the blank square indicates the stretching lineation from the wall rocks

表 1 含石榴子石片麻状花岗岩(3032TW-1)锆石 SHRIMP U-Pb 测年数据表

Table 1 SHRIMP zircon U-Pb dating data of the garnet-bearing gneissic granites (3012TW-1) from Western Kunlun

| 测点 | U ($\times 10^{-6}$) | Th ($\times 10^{-6}$) | Th/U | f_{206} (%) | $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$ | ($\pm 1\sigma$) | $^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$ | ($\pm 1\sigma$) | $^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$ | ($\pm 1\sigma$) | $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma) | ($\pm 1\sigma$) | $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (Ma) | ($\pm 1\sigma$) |
|------|---------------------------|----------------------------|------|------------------|------------------------------------|-------------------|------------------------------------|-------------------|---------------------------------------|-------------------|--|-------------------|---|-------------------|
| 1.1 | 2144 | 681 | 0.32 | 0.74 | 0.0376 | 0.48 | 0.2587 | 1.5 | 0.052 | 2.2 | 237.2 | 1.1 | 236.7 | 1.1 |
| 2.1 | 2741 | 1088 | 0.41 | 1.02 | 0.0331 | 0.43 | 0.2107 | 1.4 | 0.049 | 2.6 | 208.6 | 0.9 | 208.8 | 0.9 |
| 3.1 | 2362 | 857 | 0.37 | 0.58 | 0.0376 | 0.45 | 0.2531 | 1.4 | 0.049 | 2.2 | 237.3 | 1.0 | 237.6 | 1.1 |
| 4.1 | 129 | 61 | 0.48 | 0.85 | 0.0400 | 1.71 | 0.2865 | 17.9 | 0.038 | 77.5 | 235.8 | 8.9 | 239.3 | 4.9 |
| 5.1 | 2311 | 1200 | 0.53 | 0.48 | 0.0389 | 0.62 | 0.2688 | 1.4 | 0.050 | 2.1 | 245.4 | 1.5 | 245.6 | 1.5 |
| 6.1 | 2596 | 951 | 0.37 | 0.41 | 0.0389 | 0.42 | 0.2632 | 2.1 | 0.050 | 2.3 | 245.6 | 1.0 | 245.7 | 1.0 |
| 7.1 | 2693 | 1242 | 0.47 | 1.97 | 0.0379 | 0.69 | 0.2165 | 1.3 | 0.051 | 1.8 | 239.3 | 1.6 | 239.3 | 1.6 |
| 8.1 | 2353 | 1210 | 0.53 | 0.33 | 0.0375 | 0.43 | 0.2583 | 1.3 | 0.049 | 2.17 | 237.1 | 1.0 | 237.3 | 1.0 |
| 9.1 | 165 | 79.2 | 0.49 | 0.49 | 0.0392 | 1.44 | 0.2150 | 8.0 | 0.048 | 22.8 | 238.5 | 4.5 | 239.3 | 3.5 |
| 10.1 | 2729 | 1162 | 0.44 | 0.28 | 0.0383 | 0.40 | 0.2706 | 1.1 | 0.051 | 1.97 | 241.6 | 0.9 | 241.6 | 0.9 |
| 11.1 | 516 | 336 | 0.67 | 2.52 | 0.0397 | 1.59 | 0.2568 | 4.5 | 0.051 | 5.3 | 245.9 | 3.8 | 245.8 | 3.9 |
| 12.1 | 1416 | 518 | 0.37 | 0.12 | 0.0382 | 0.60 | 0.2665 | 5.4 | 0.047 | 6.1 | 241.1 | 1.4 | 242.1 | 1.6 |
| 13.1 | 2674 | 1338 | 0.51 | 0.36 | 0.0384 | 0.41 | 0.2664 | 1.2 | 0.049 | 2.0 | 241.8 | 1.0 | 242.3 | 0.9 |

注: f_{206} 为普通铅百分比。

带(汪玉珍等,1987;姜耀辉等,1999;Jiang et al., 2001)。岩体侵入到下古生界浅变质碎屑岩中,部分呈岩枝状侵入到科岗超镁铁杂岩中。根据路线观察及前人资料(汪玉珍等,1987),岩体出露面积可能大于 60 km^2 。在花岗岩与地层的侵入接触边界,发育

数十米的角岩带。花岗岩的主要矿物组合包括角闪石(1%~2%)、黑云母(2%~5%)、斜长石(30%~40%)、钾长石(20%~25%)、石英(25%~35%)等,副矿物包括榍石、金红石、磷灰石、锆石等。

2 锆石 U-Pb 年龄

含石榴子石片麻状花岗岩的样品采自布伦口北东向的一条沟内(样品编号:3032TW-1),采样点坐标为: $E=74^{\circ}44'42''$, $N=38^{\circ}44'18''$ 。样品重 3 kg,破碎后手工淘洗分离出重砂,经磁选和电磁选后,在双目镜下挑出锆石。选取代表性锆石 100 余粒,制靶后进行透射光和反射光照相,并采用阴极发光技术对锆石结构进行研究。样品测试在中国地质科学院离子探针中心完成,采用 417 Ma 的标样($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}=0.0668$),扫描数=5,详细的测试流程见宋彪等(2002)。测试结果见表 1。

含石榴子石片麻状花岗岩的锆石为浅黄色或无色透明长柱状晶体,长轴在 $80\sim 120\ \mu\text{m}$ 之间,长短轴之比在 $1:3\sim 1:4$ 之间。阴极发光研究表明,少量的锆石具有核幔结构,其余均为具有显著生长环带的单晶。对 13 颗锆石的边部所做的测试结果表明,其 $U=129\times 10^{-6}\sim 2741\times 10^{-6}$, $\text{Th}=61\times 10^{-6}\sim 1338\times 10^{-6}$, $\text{Th}/U=0.37\sim 0.67$,这表明所测试的锆石均是岩浆结晶期形成的锆石。 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}=0.0331\sim 0.0400$, $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}=0.2107\sim 0.2865$,普通铅含量低($f_{206}=0.12\%\sim 1.97\%$), $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 的表面年龄和谐。除了 2.1 号测点,其余测点获得的年龄值在误差范围内一致,取 12 个测点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄值平均,获得 $240.5\pm 1.8\ \text{Ma}$ 年龄值, $\text{MSWD}=1.15$ (图 3a)。由于测点位于生长环带,故这一年龄代表了花岗岩的结晶年龄。

块状含角闪石二长花岗岩的锆石 U-Pb 年龄:取样点位于科岗附近(样品编号:2053TW-1),坐标为: $E=76^{\circ}25'4''$, $N=37^{\circ}35'47''$ 。锆石的选取工作如上所述。该岩体的锆石主要为黄褐色透明长柱状晶体,另有少量黄褐色短柱状透明晶体($10\%\sim 20\%$),晶体的长短轴之比为 $2:1\sim 4:1$ 。将获得锆石按晶体的形态分为四组,由天津地质矿产研究所李惠民研究员、李国占研究员采用稀释法(TIMS)对其 U-Pb 同位素组成进行测试,详细的测试流程见李惠民等(1995),测试结果见表 2。从测试结果分析,长柱状三组获得的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄在 $222.0\sim 228.1\ \text{Ma}$ 之间, $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 表面年龄为 $221.0\sim 230.1\ \text{Ma}$,两组年龄谐和性好。而短柱状一组获得的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 表面年龄分别为 $217.8\ \text{Ma}$ 和 $218.5\ \text{Ma}$,低于长柱状的三组年龄。采用 1、2 号测点获得 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄的平均值为 $228.2\pm 1.5\ \text{Ma}$,由于长柱状锆石在所有锆石中占有 $80\%\sim 90\%$ 的比

例,我们认为这一年龄应代表花岗岩的结晶年龄(图 3b)。

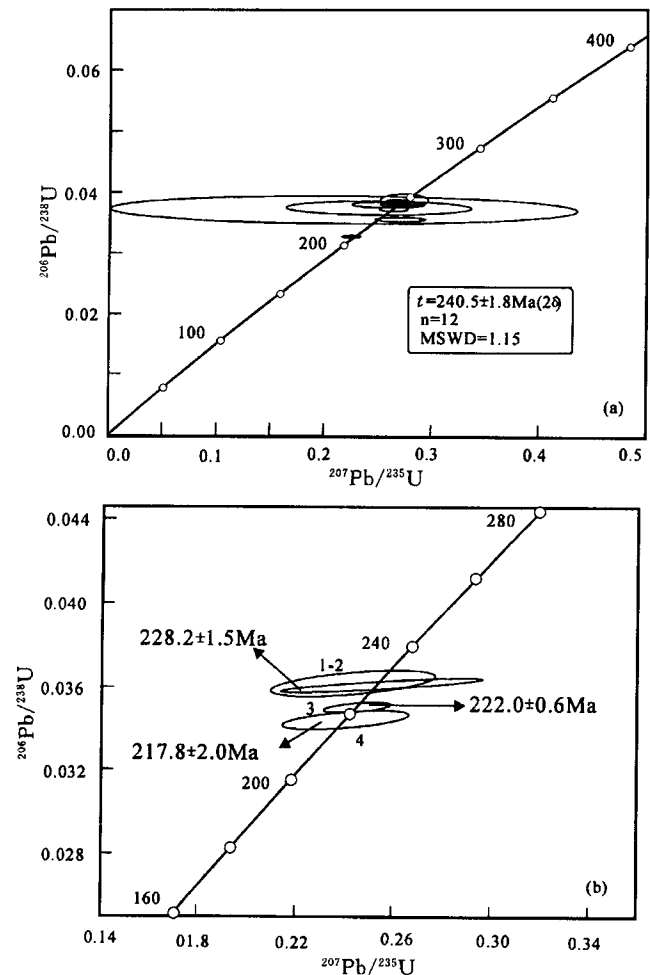


图 3 含石榴子石片麻状花岗岩锆石 SHRIMP 测年图解(a)和块状含角闪石花岗岩锆石 TIMS 法测年图解(b)
Fig. 3 U-Pb zircon concordia diagram for garnet-bearing of the gneiss granite (SHRIMP method) (a) and the hornblende-bearing block granite (TIMS method) (b)

3 讨论

240 Ma 左右的含石榴子石片麻状花岗岩的构造特征表明,花岗岩形成于挤压构造背景,属于强力就位岩体。由于石榴子石是富铝矿物,因此花岗岩应属于过铝花岗岩。笔者分析的 7 件地球化学样品表明,岩石的 $\text{SiO}_2=67.54\%\sim 70.12\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3=15.75\%\sim 18.66\%$, $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}=5.79\%\sim 6.22\%$, $\text{CaO}=2.30\%\sim 2.42\%$, $\text{MgO}=0.74\%\sim 0.83\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3=0.33\%\sim 0.75\%$, $\text{FeO}=1.80\%\sim 2.42\%$, $\text{TiO}_2=0.37\%\sim 0.46\%$, $A/\text{CNK}=1.3\sim 1.5$,表明

表 2 含角闪石花岗岩(2053TW-1)锆石 TIMS 法测年数据表

Table 2 TIMS zircon U-Pb dating data of the hornblende-bearing granite from West Kunlun

| 点号 | 锆石特征 | 质量 (μg) | 质量分数 ($\mu\text{g/g}$) | | 普通 铅含量 (ng) | 同位素原子比率 | | | | | 表面年龄(Ma) | | |
|----|------------|-------------------------|-----------------------------|----|-------------------|---|---|--|--|---|--|--|---|
| | | | U | Pb | | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$ | $\frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$ |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 黄褐色透明长柱状晶体 | 35 | 391 | 19 | 0.090 | 227 | 0.1663 | 0.03601 (27) | 0.2543 (343) | 0.05122 (656) | 228.1 | 230.1 | 250.8 |
| 2 | 黄褐色透明长柱状晶体 | 35 | 416 | 16 | 0.005 | 4199 | 0.1660 | 0.03612 (57) | 0.2431 (277) | 0.04882 (522) | 228.7 | 221.0 | 139.1 |
| 3 | 黄褐色透明短柱状晶体 | 35 | 289 | 22 | 0.280 | 71 | 0.1513 | 0.03436 (31) | 0.2401 (216) | 0.05068 (428) | 217.8 | 218.5 | 226.5 |
| 4 | 黄褐色透明长柱状晶体 | 40 | 258 | 15 | 0.130 | 131 | 0.1721 | 0.03504 (10) | 0.2462 (106) | 0.05095 (208) | 222.0 | 223.5 | 238.8 |

注:在测试 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 原子比率时已对实验空白(Pb质量为 $0.050\mu\text{g}$, U质量为 $0.002\mu\text{g}$)及稀释剂作了校正;其他比率中的铅同位素均为放射成因铅同位素;括号内的数字为 2σ 绝对误差,例如 $0.03601(27)$ 表示 $0.03601\pm 0.00027(2\sigma)$ 。

花岗岩为强过铝系列,稀土元素 $[\Sigma\text{REE}=125\times 10^{-6}\sim 150\times 10^{-6}, \delta\text{Eu}=0.71\sim 0.84, (\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}=18\sim 39]$ 及微量元素特征均表明属于S型花岗岩。另外,新疆第二区调队1:5万填图资料表明在辛地一带出露的大量片麻状含石榴子石花岗岩或片麻状二云母花岗岩均为强过铝系列S型花岗岩^①。很显然,无论是岩石地球化学还是岩石的矿物组成均表明此类花岗岩属于陆壳重熔产物(Barbarin, 1999)。我们对花岗岩围岩中锆石的结构研究及SHRIMP测年表明,在本区域存在两期重要的变质事件,一期发生在 $420\sim 460\text{Ma}$,另一期发生在 $230\sim 260\text{Ma}$ (Zhang et al., 2003),这与许志琴等(2004)在康西瓦一带所做的变质事件研究结果完全一致。这一信息表明南昆仑地体经历了加里东期和海西末期的强烈变质作用。另外,在三十里营房东我们对一个眼球状钾长花岗岩体的锆石结构研究及SHRIMP U-Pb测年结果表明,该岩体形成时代为 $505\pm 10\text{Ma}$,在 $236\pm 6.5\text{Ma}$ 发生重熔^②。根据上述信息我们推测海西末期的变质作用与甜水海地体和南昆仑地体的碰撞密切联系,这与本文 240Ma 含石榴子石片麻状花岗岩得出的结论完全一致。

张玉泉等(1998)、袁超等(1999)等对西昆仑印支期花岗岩的测年工作表明,印支期花岗岩绝大多数以块状构造为主,侵入的地层主要是前寒武纪变质岩及古生界。所获得的年龄包括:库地南胜利桥二长花岗岩中的黑云母 Ar-Ar 坪年龄为 $211.2\pm 2.6\text{Ma}$;麻扎二长花岗岩 Ar-Ar 坪年龄为 $184.9\pm 1.4\text{Ma}$,而 K-Ar 年龄为 211.4Ma ;陕南桥北正长岩 Rb-Sr 等时线年龄为 $193\pm 10\text{Ma}$;麻扎兵站花岗闪长岩的锆石 U-Pb 年龄为 $199.3\pm 2.2\text{Ma}$;三十里营房南二长花岗岩的 Ar-Ar

年龄为 $187.7\pm 1.2\text{Ma}$;康西瓦南花岗岩中锆石 U-Pb 年龄为 $191.0\pm 4.81\text{Ma}$;七一桥二长花岗岩的黑云母 Ar-Ar 年龄为 $196.3\pm 1.4\text{Ma}$;阿卡孜山岩体的锆石 U-Pb 年龄为 $214.9\pm 1.5\text{Ma}$ 。综合上述测年结果,以 Ar-Ar 坪年龄和 Rb-Sr 年龄为主,包括部分锆石 U-Pb 年龄(TIMs法),年龄值主要集中在 $190\sim 215\text{Ma}$ 之间。由于 Ar-Ar 年龄代表了岩体的冷却年龄,因此年龄值一般比锆石 U-Pb 年龄偏低,因此我们推测在西昆仑发育的海西晚期—印支早期的花岗岩年龄主要集中在 $190\sim 220\text{Ma}$ 之间。张玉泉等(1998)对 $190\sim 220\text{Ma}$ 的花岗岩地球化学研究表明,绝大多数花岗岩具有岛弧型钙碱性花岗岩特征(除了陕南桥北正长岩应属于碱长花岗岩外)。袁超等(1999)对阿卡孜山岩体(215Ma)的 Sm-Nd 同位素研究表明,其 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 变化范围大($-3.2\sim -11.9$),这表明可能有俯冲的新生洋壳的部分熔融体加入到地壳重熔的岩浆中。上述资料充分说明,南昆仑地体印支早期为一个新生的岩浆弧系统。出露于西昆仑北带 228Ma 的块状含角闪石花岗岩有两种可能的构造背景:①形成于海西晚期造山后的伸展背景;②属于南昆仑地体岩浆弧的一部分。如果是后一种情况,那么西昆仑印支期的岩浆弧从时代上可能开始于 228Ma ,并持续到 190Ma ,但 $220\sim 190\text{Ma}$ 花岗岩的空间分布并不支持这一解释,因为甜水海地体在 240Ma 和南昆仑地体发生碰撞,在甜水海地体南侧,新的俯冲带形成是印支期岩浆弧形成的前提,印支期岩浆弧带中的深成岩时代从南到北应逐渐变新,这与 $220\sim 190\text{Ma}$ 的花岗岩分布南带而 228Ma 的花岗岩分布北带的事实矛盾。因此本文更支持前一种解释,即 228Ma 块状含角闪石花岗岩为造山后伸展阶段的产物,这

一解释还需要地球化学资料的进一步支持。

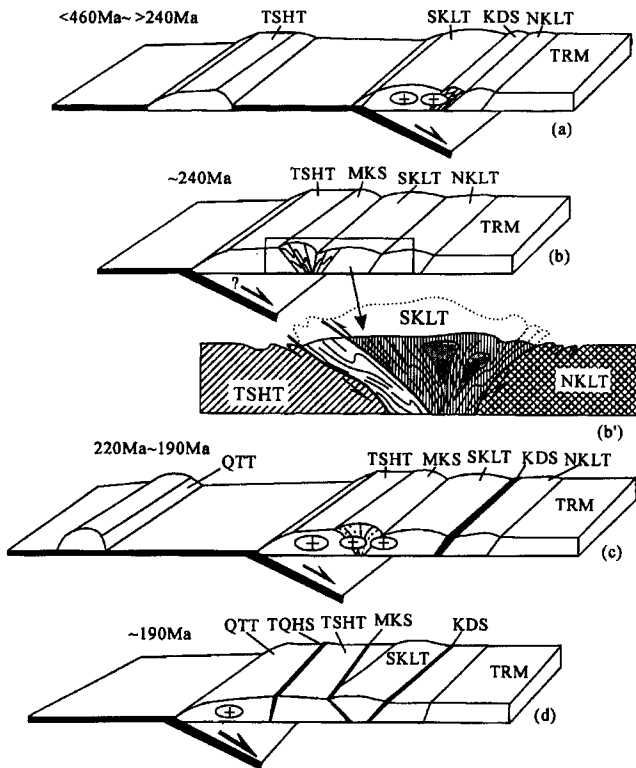


图4 西昆仑中生代岩浆弧演化模式(详细说明见文中)

Fig. 4 The Mesozoic magma arc evolution in West Kunlun (see details in the text)

TRM—塔里木地块; NKLT—北昆仑地体; SKLT—南昆仑地体; KDS—库地加里东期缝合带; TSHT—甜水海地体; MKS—麻扎—康西瓦缝合带; QTT—羌塘地体; TQHS—塔阿西—乔尔天山—红山湖缝合带

TRM—Tarim block; NKLT—North Kunlun terrane; SKLT—South Kunlun terrane; KDS—Küda Caledonian suture zone; TSHT—Tianshuihai terrane; MKS—Mazha-Kangxiwa suture zone; QTT—Qiangtang terrane; TQHS—Ta'axi-Qiaortianshan-Hongshanhu suture zone

4 结论

(1) 西昆仑西段发育了中生代两类不同岩性、结构的花岗岩,一类是片麻状含石榴子石花岗岩,为强过铝系列的S型花岗岩,形成时代为240 Ma;另一类是块状含角闪石花岗岩,形成时代为228 Ma。

(2) 西昆仑中带240 Ma含石榴子石片麻状花岗岩构造特征以及发生在230~240 Ma的区域性变质事件(Zhang et al., 2003; 许志琴等, 2004)表明在240 Ma时区域上属于挤压构造背景,是甜水海地体与南昆仑地体碰撞的结果,这表明在240 Ma

沿麻扎—康西瓦发育的古特提斯洋的一个分支已经闭合,并发生强烈的挤压造山。

(3) 发育在西昆仑北带的228 Ma块状含角闪石花岗岩可能形成于造山后的伸展背景。

(4) 综合本文资料及前人的研究成果,西昆仑中生代构造演化表现为3个阶段:①早古生代沿库地缝合带北昆仑地体与南昆仑地体拼合后(潘裕生, 2000; 张传林等, 2004),在南昆仑地体形成晚古生代—早中生代岩浆弧(图4a),随着南昆仑地体与甜水海地体之间的古特提斯洋向北消减,最终于240 Ma闭合,并发生强烈的挤压造山(图4b),并形成同造山的片麻状过铝质花岗岩(图4b');②在强烈的挤压造山后,发生伸展,形成228 Ma块状含角闪石花岗岩;③由于甜水海地体拼合到南昆仑地体后,其南侧的古特提斯洋继续向北俯冲,形成新的岩浆弧系统,这一岩浆弧持续了大约30 Ma(220~190 Ma)(图4c),最终沿塔阿西—乔尔天山—红山湖形成新的缝合带(图4d)。

致谢: 中国地质调查局天津地质矿产研究所的李惠民研究员、李怀坤研究员、李国占研究员帮助完成锆石TIMS法测年工作;陆松年研究员、李献华研究员认真审阅了全文并提出了具体修改意见,在此一并致谢。

注 释

- ① 新疆地矿局第二区域地质调查大队. 1994. 新疆塔什库尔干县瓦恰幅、班迪幅1:5万区域地质调查报告.
- ② 张传林,郭坤一,王爱国,叶海敏. 2004. 西昆仑前寒武纪重大地质事件及东西昆仑对比(研究报告).

参 考 文 献

- 邓万明. 1991. 青藏高原的陆内俯冲带及其岩浆活动. 中国科学院地质研究所岩石圈构造演化研究室年报. 北京:中国科学技术出版社, 85~89.
- 邓万明. 1995. 喀喇昆仑—西昆仑地区蛇绿岩的地质特征及其大地构造意义. 岩石学报, 11(增刊):98~101.
- 郭坤一,张传林,王家鑫,董永观,赵宇,王爱国. 2002. 西昆仑东段北缘花岗岩微量元素及同位素地球化学. 吉林大学学报(地球科学版), 32(2): 156~121.
- 姜春发,王宗起,李锦轶. 2000. 中央造山带开合构造. 北京:地质出版社, 15~107.
- 姜耀辉,芮行健,贺菊瑞. 1999. 西库仑山加里东期花岗岩类构造的类型及其大地构造意义. 岩石学报, 15(1):105~115.
- 李惠民,董传万,徐夕生,周新民. 1995. 泉州辉长岩中单颗粒锆石U-Pb法定年——闽东南基性岩浆的起源. 科学通报, 40(2): 158~160.
- 潘裕生,王毅. 1994. 青藏高原叶城—狮泉河路线地质特征及区域构造演化. 地质学报, 86(4), 295~307.
- 潘裕生, 1999. 青藏高原的形成与隆升. 地学前缘, 6(3):153~162.

- 潘裕生. 2000. 喀喇昆仑山—昆仑山地区地质演化. 北京: 科学出版社, 324~509.
- 任纪舜, 王作勋, 陈炳蔚, 姜春发, 牛宝贵. 1999. 从全球看中国大地构造(中国及邻区大地构造图). 北京: 地质出版社, 1~15.
- 宋彪, 张玉海, 万渝生, 简平. 2002. 锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论. 地质论评, 48(增刊): 26~30.
- 王涛, 张国伟, 王晓霞, 李伍平. 1999. 花岗岩生长方式及构造运动学、动力学意义——以秦岭造山带核部花岗岩为例. 地质科学, 34(3): 326~335.
- 王涛. 2002. 花岗岩定位机制研究. 见: 肖庆辉, 邓晋福, 马大铨主编. 花岗岩研究思维与方法. 北京: 地质出版社, 128~147.
- 汪玉珍, 方锡廉. 1987. 西昆仑山、喀喇昆仑山花岗岩类时空分布规律的初步探讨. 新疆地质, 5(1): 10~24.
- 许志琴, 戚学祥, 刘福来, 杨经绥, 吴才来, 曾令森, 梁风华. 2004. 西昆仑康西瓦加里东期孔兹岩系及地质意义. 地质学报, 78(6): 733~743.
- 袁超, 孙敏, 李继亮. 1999. 西昆仑中带两个花岗岩的年龄和可能的源区. 科学通报, 44(5): 534~537.
- 张传林, 杨淳, 沈加林, 王爱国, 赵宇, 董永观, 郭坤一. 2003. 西昆仑北缘新元古代片麻状花岗岩锆石 SHRIMP 年龄及其意义. 地质论评, 49(3): 239~244.
- 张传林, 于海锋, 沈加林, 董永观, 叶海敏, 郭坤一. 2004. 西昆仑库地伟晶辉长岩和玄武岩锆石 SHRIMP 年龄: 库地蛇绿岩的解体. 地质论评, 50(6): 639~643.
- 张玉泉, 朱炳泉, 谢应雯, 哈里森 T M, 基德 W S F. 1998. 青藏高原西部的抬升速率: 叶城—狮泉河花岗岩 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄的地质解释. 岩石学报, 14(1): 11~22.
- 中国地质调查局. 2004. 阿尔金—昆仑山地区区域地质调查成果与进展. 地质通报, 23(1): 68~96.
- Kunlun Mts. Acta Petrologica Sinica, 15(1): 105~115 (in Chinese with English abstract).
- Jiang Yaohui, Zhou Xunruo, Rui Xingjian, Guo Kunyi, He Jurui, Yang Wanzhi. 2001. Rock series and petrogenesis types of the granites in West Kunlun. Acta Geologica Sinica (English Edition), 75(1): 19~26.
- Li Huimin, Dong Chuanwan, Xu Xisheng, Zhou Xinmin. 1995. Dating single-grained zircon U-Pb of Quanzhou gabbro: origin of the mafic magma of SE Fujian province, China. Chinese Science Bulletin, 40(2): 158~160 (in Chinese).
- Matte P, Tapponnier P, Arnaud N. 1996. Tectonics of Western Tibet, between the Tarim and Indus. Earth Planet Sci. Lett., 142: 311~330.
- Pan Yusheng, Wang Yi. 1994. Tectonic evolution along the geotraverse from Yecheng to Shiquanhe. Acta Geologica Sinica, 68(4): 295~307 (in Chinese with English abstract).
- Pan Yusheng. 1999. Formation and uplifting of the Qinghai—Tibet Plateau. Earth Science Frontiers, 6(3): 153~163 (in Chinese with English abstract).
- Pan Yusheng. 2000. Geological Evolution of the Karakrum-Kunlun Mountains. Beijing: Science Press, 324~509 (in Chinese).
- Ren Jishun, Wang Zuoxun, Chen Bingwei, Jiang Chunfa, Niu Baogui. 1999. The Sinica Tectonics in Global View (The Geotectonic Map of China and Its Neighboring Area). Beijing: Geological Publishing House, 1~15 (in Chinese).
- Sengor A M C, Okurogullari A H. 1991. The role of accretionary wedge in the growth of continents Lasiatic examples from Argand to plate tectonics. Eclogae Geol. Helv., 84: 535~597.
- Song Biao, Zhang Yuhai, Wan Yusheng, Jian Ping. 2002. Mount making and procedure of the SHRIMP dating. Geological Review, 48(Supp.) 26~30 (in Chinese with English abstract).
- Wang Tao, Zhang Guowei, Wang Xiaoxia, Li Wuping. 1999. The fashion, structural movement and dynamics of granite plutons: examples from the granites in the core of Qinling orogenic Belt. Scientia Geologica Sinica, 34(3): 326~335 (in Chinese with English abstract).
- Wang Tao. 2002. The position location mechanism of granites. In: Xiao Q H, Deng J F, Ma D Q, eds. Ideology and Methods in Study of Granites. Beijing: Geological Publishing House, 128~147 (in Chinese).
- Wang Yuzhen, Fang Xilian. 1987. Primary study on granite distribution of time and space in the Karakorum—Western Kunlun Mts. Xinjinag Geology, 5(1): 10~24 (in Chinese with English abstract).
- Xu Zhiqin, Qi Xuexiang, Liu Fulai, Yang Jingsui, Wu Cailai, Zeng Lingsen, Liang Fenghua. 2004. The Kangxiwar Caledonian khondalite series in West Kunlun, China, and its geological significance. Acta Geologica Sinica, 78(6): 733~743 (in Chinese with English abstract).
- Yuan Chao, Sun Ming, Li Jiliang. 1999. Ages and possible source of the two granite plutons in middle of Western Kunlun. Science Bulletin, 44(5): 534~537 (in Chinese).
- Zhang Chuanlin, Guo Kunyi, Wang Zhonggang. 2003. Caledonian genesis metamorphism in Western Kunlun: evidence from zircon SHRIMP dating. Chinese Journal of Geochemistry, 22: 345~351.
- Zhang Chuanlin, Yang Chun, Shen Jialin, Wang Aiguo, Zhao Yu, Dong Yongguan, Guo Kunyi. 2003. Zircon SHRIMP age of

References

- Barbarin B. 1999. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. Lithos, 46: 605~626.
- Chinese Geology Survey. 2004. Geology exploration and progress in Altyn—Kunlun Mountains. Geological Bulletin of China, 23(1): 68~96 (in Chinese).
- Deng Wanming. 1991. The intra-continental subduction zones and magmatism in Qinghai—Tibet Plateau. Annals of the Lithosphere Tectonic Evolution Laboratory, CAG. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 85~89 (in Chinese with English abstract).
- Deng Wanming. 1995. Geological characteristics and geotectonic significances of the ophiolites in Karakrum—Western Kunlun. Acta Petrologica Sinica, 11 (supp.): 98~101 (in Chinese with English abstract).
- Guo Kunyi, Zhang Chuanlin, Wang Jiixin, Dong Yongguan, Zhao Yu, Wang Aiguo. 2002. Trace elements and isotopic geochemistry of the high-K calcalkaline granites in north margin of eastern part of West Kunlun. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 32(2): 156~121 (in Chinese with English abstract).
- Jiang Chunfa, Wang Zongqi, Li Jinyi. 2000. Opening and closing tectonics in the Central Orogenic Belt, China. Beijing: Geological Publishing House, 15~107 (in Chinese).
- Jiang Yaohui, Rui Xingjian, He Jurui. 1999. Tectonic type of Caledonian granitoids and tectonic significance in the Western

Neoproterozoic gneissoid granites in the West Kunlun and its significance. *Geological Review*, 49(3): 239~244 (in Chinese with English abstract).

Zhang Chuanlin, Yu Haifeng, Shen Jialin, Dong Yongguan, Ye Haimin, Guo Kunyi. 2004. Zircon SHRIMP age determination of the giant-crystal gabbro and basalt in Kuda, West Kunlun; dismembering of the Kuda ophiolite. *Geological Review*, 50(6):

639~643 (in Chinese with English abstract).

Zhang Yuquan, Zhu Bingquan, Xie Yingwen, Harrison T M, Kidd W S F. 1998. The uplifting rates for the Western Qinghai-Tibet Plateau; interpretation of ^{40}Ar - ^{39}Ar dating for the granites in the area of Yecheng to Shiquanhe. *Acta Petrologica Sinica*, 14(1): 11~22 (in Chinese with English Abstract).

Dating of Triassic Granites in the Western Kunlun Mountains and Its Tectonic Significance

ZHANG Chuanlin^{1,2)}, YU Haifeng³⁾, WANG Aiguo²⁾, GUO Kunyi²⁾

1) *Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, 510640*

2) *Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Geology Survey, Nanjing, 210016*

3) *Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Geology Survey, Tianjin, 300170*

Abstract

The Triassic granites are widespread in the western Kunlun Mountains. However, the timing and tectonic regime that accounted for the granites are poorly known due to limited data in geochronology, geochemistry and structural geology. In this paper, we report our structure observation and U-Pb zircon ages of the two types of Triassic granites, and use these data to place chronological constraints on the tectonic evolution of the western Kunlun orogenic belt. The gneissic garnet-bearing granite was crystallized at 241 Ma, whereas the hornblende-bearing granite emplaced at 228 Ma. In terms of structural characteristics and geochemistry of the granites in conjunction with previous studies, we interpret that the garnet-bearing gneissic granite (S-type) was formed during the collision between the Tianshuihai terrane and the Southern Kunlun terrane following the closure of a branch of the paleo-Tethyan ocean along the Mazha-Kangxiwa suture zone, the block hornblende-bearing granite was formed during post-orogenic extension. On the other hand, the granites of ca. 220~190 Ma in the southern Kunlun Mountains were part of a new magmatic arc, which was formed after the collision of the two terranes.

Key words: western Kunlun Mountains; Triassic granites; SHRIMP U-Pb age of zircon geochronology; structure; tectonic significance