

西昆仑新藏公路北段古—中生代 多期次构造—热事件年龄确定

计文化¹, 周 辉², 李荣社¹, 陈守建¹, 赵振明¹

1. 西安地质矿产研究所, 陕西西安 710054

2. 北京大学地质系, 北京 100871

摘要: 为了建立西昆仑地区构造—热事件序列, 利用⁴⁰Ar/³⁹Ar同位素分析法对西昆仑新藏公路康西瓦断裂带以北具有代表性的同构造新生变质矿物角闪石、黑云母、绢云母单矿物进行了年龄测定, 得到几个多次出现的年龄值。结合早期该区发育的各类岩脉的侵位年龄综合分析, 认为片麻岩中单矿物黑云母440 Ma和(403±6) Ma ⁴⁰Ar/³⁹Ar年龄, 可代表早古生代俯冲变质年龄以及增生过程所持续的时间; 片岩、片麻岩中黑云母, 斜长角闪片岩(基性岩脉)中单矿物角闪石的⁴⁰Ar/³⁹Ar年龄为382 Ma~284 Ma, 代表着该区从早古生代晚期的挤压构造环境转化为引张环境及其所持续的时间; 晚期脆性断裂中云母类矿物178 Ma~165 Ma的⁴⁰Ar/³⁹Ar年龄, 代表着该区在挤压走滑构造背景中断裂构造的脉冲式活动及其持续时间。

关键词: ⁴⁰Ar/³⁹Ar定年; 古生代; 俯冲增生作用; 西昆仑。

中图分类号: P548

文章编号: 1000-2383(2007)05-0671-10

收稿日期: 2007-06-16

The Deformation Age of Palaeozoic—Mesozoic Tectonic along North Xin Zang Road in West Kunlun

Ji Wen hua¹, Zhou Hui², Li Rong she¹, Chen Shou jian¹, Zhao Zhen ming¹

1. Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, China

2. Geological Department, Beijing University, Beijing 100871, China

Abstract: To establish the list of tectonic metamorphic events in West Kunlun, we have dated tectonic metamorphic minerals such as amphibole, biotite and didymite through ⁴⁰Ar/³⁹Ar isotopic analysis. We have gained several ages that occur many times. Combined with the emplacement age of dikes developed in this area earlier, the 440 Ma and (403±6) Ma ⁴⁰Ar/³⁹Ar age of individual mineral biotite in gneiss can represent early Paleozoic underthrust curdle age and the period of accretional process; 382 Ma—284 Ma age of individual mineral biotite in schiefer gneiss and individual mineral amphibole in amphibolite schist can represent the changing environment from extrusion to spread of this area in early Paleozoic era; 178 Ma—165 Ma ⁴⁰Ar/³⁹Ar age of biotite in fragile fault can represent the spurt action of fault tectonic in the background of extrusion strike slip tectonic and its duration.

Key words: ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating; Paleozoic; subduction accretion process; Tethys; West Kunlun.

位于中央造山带西段的西昆仑造山带由于交通条件等因素研究程度存在明显差异, 其中东昆仑地区从结构组成(王国灿等, 1997; 张克信等, 2004)、变质变形(陈能松等, 1998; 侯光久等, 1999)到构造演化特点(殷鸿福和张克信, 1997, 1998)等均具有相对完善的认识。西昆仑地区研究程度较低。其中新藏

公路沿线由于露头连续、地质体和构造单元出露较为完整以及比较好的交通条件等,而成为西昆仑研究程度最高的地区,尤其是库地-麻扎段可作为典范。大量中酸性侵入岩定年和地球化学研究,建立了岩浆岩的热事件序列和所处的构造环境(许荣华等,1994;姜耀辉等,1999;袁超等,2000);库地蛇绿岩及其相关沉积建造的持续、深入研究初步揭示了早古生代的构造体制(潘裕生等,1996;王元龙等,1997;方爱民等,2000;王志洪等,2000;Xiao *et al.*, 2000;郝杰等,2003;肖序常等,2004, 2005);赛力亚克大坂一带岩浆岩及其相伴的沉积建造组成研究指示了其晚古生代岩浆弧的大地构造背景(李博秦等,2006)。相比较而言,对于库地一带角闪岩相的变质岩系研究程度较低,关于其形成时代以及构造属性仍有前寒武纪地质体(姜春发等,1992)以及早古生代增生楔(肖文交等,2000)等看法。此外,对于构造变形的研究涉及更少(孙世群和王道轩,1998;周辉等,1999, 2000)。笔者在野外地质填图过程中,发现该套变质岩系中除了透入性的片理之外,还发育有不同产状的不同性质的晚期叠加面理,前人对其极少涉及,缺乏构造变形的同位素年代学依据。笔者对构造面理进行了系统研究,判别出变形序列,采集同构造变形的原生矿物样品,进行⁴⁰Ar / ³⁹Ar 同位素测年,确定其构造叠加变形年龄,从而限定该变质岩系的形成时代,并建立其变形时间序列。此项工作对于建立西昆仑地区完整的构造-岩浆-热事件序列、深入研究该区地质演化历程等具有重要的作用。

1 地质体组成

在西昆仑新藏公路沿线,从阿喀孜达坂以北到麻扎之间发育不同时代、不同性质的地质体(图 1)。Cz 主体为第四系冲洪积。C₂P₁ 为稳定型的碳酸盐岩夹碎屑岩沉积。An ε 包括长城系的细碧角斑岩、蓟县系-清白口系碳酸盐岩以及南华系-震旦系的碎屑岩。C 为基性火山岩和碎屑复理石组合。图 1 中②、③、④、⑤、⑦组成增生楔杂岩带。其中②为花岗质片麻岩,③为长英质片麻岩(副变质),④、⑦为片岩和变粒岩组合,⑤为蛇绿岩透镜体。C₂T₁ 包括有上石炭统一下中二叠统岛弧型火山岩,下三叠统的磨拉石建造;其内部还有透镜状产出的侏罗系含煤碎屑岩系。S 为志留系碎屑复理石沉积。此外,还有发育早古生代和三叠纪的中酸性侵入岩。各地质体

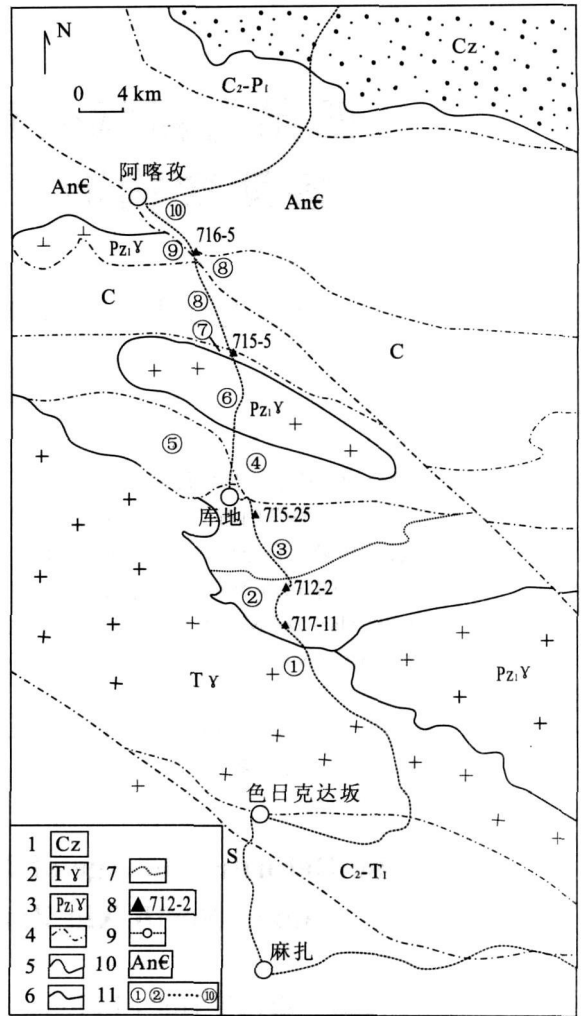


图 1 阿喀孜-麻扎地质略图

Fig. 1 Geological outline of Akarzi Mazar

1. 新生代沉积;
2. 三叠纪花岗岩;
3. 早古生代中酸性侵入体;
4. 断裂边界;
5. 沉积地层边界;
6. 侵入边界;
7. 片麻状侵入体边界;
8. 采样点及编号;
9. 新藏公路、地点;
10. 不同时代地层;
11. ①黑云母花岗岩;②片麻岩;③花岗质片麻岩;④片岩;⑤库地蛇绿岩;⑥花岗闪长岩;⑦片岩;⑧一些沟火山岩;⑨闪长岩;⑩大理岩、片岩

平面分布及其相互之间接触关系见图 1。

2 构造变形特征

新藏公路沿线从 128 km 路牌到色日克达坂间,宏观上可识别出 4 种不同性质和变形环境的构造形迹。早期变形为透入性面理-片麻理(F₁), 伴随有深熔长英质脉体形成的不对称小褶皱、旋转残斑系、拖曳构造、无根钩状褶皱等,片理面上多有拉伸线理。拉伸线理的优势方位为 325°~350°, 倾角 35°~55°(肖文交等,2000)。剪切指向标志所反映的运动学特

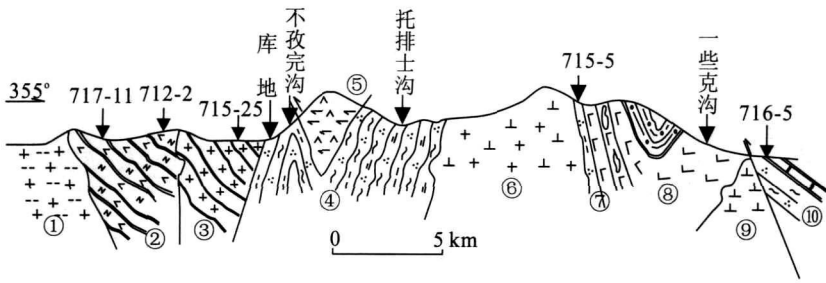


图 2 库地达坂 - 赛力亚克达坂地质构造剖面图

Fig. 2 The geological section from Kuda to Serike ghat

①, ②, ……⑩同图 1

征均指示上盘自北向南推覆逆冲。这种构造形迹主要发育在图 1 和图 2 中的②、③内。其次是向南陡倾的透入性片理面(F₂), 发育在图 1 和图 2 中的④、⑦。其岩石组成以变粒岩和片岩为主, 夹有大小不等的蛇绿岩透镜体。露头可识别出 2 个强变形带和 3 个弱变形域, 强变形带一般宽度 50~200 m, 带内石英细脉发育而且平行片理产出, 石英细脉与片理发生强烈的顺层剪切作用, 形成旋转碎斑系、无根钩状褶皱; 弱变形域内主要表现为以微片理或脉体为变形面的紧闭同斜褶皱、无根褶皱、肠状褶皱或顺层掩卧褶皱, 并伴有不同程度的面理置换, 具有顺层韧性剪切变形特征。运动学特征同样指示北侧上冲。所不同的是其变形温压环境低于前者, 表现在变质矿物细小, 其定向形成片理面而非片麻理; 此外, 平行片理面只发育石英细脉。

除了上述透入性的面理外, 还有明显截切早期面理的脆韧性断裂构造(F₃), 根据其几何学特征可分为 2 类。一类为产状向北缓倾的片理化带, 宽度一般小于 8 m, 其中心部分片理密集、平直, 向外侧渐趋减弱。该类构造中心部分常常有基性岩脉相伴产出, 基性岩本身也发生片理化。根据片理化带边部的拖曳褶皱以及对早期片麻理、片理的改造特征等判断其具有上盘(北)向下滑动的运动学特征。从托排士沟口到 717 11 点处可见到 13 条类似的构造形迹。另一类断裂较少, 具有典型的“犁式”形状, 露头上明显可见其上部陡且由 3~4 条断裂组成, 向下渐趋变缓并归并为一条断裂。次级断裂之间仍然保留早期的透入性片麻理, 断裂面上片状云母矿物平行排列, 同时伴有石英脉体形成的不对称小型褶皱。运动学特征指示上盘下滑, 为正断层。

最后一组断裂构造(F₄) 产出在不同地层 - 构造单元的边界部位, 主要为脆性断裂, 如色日克达坂石

炭系 - 三叠系内部, 形成一系列向北陡倾向南逆冲的断裂。带内可见石炭 - 二叠系火山碎屑岩仰冲到侏罗系含煤碎屑岩上, 也可见侏罗系逆冲到三叠系磨拉石之上。图 2 中⑦与⑧之间、⑧与⑩之间同样为此种类型的断裂, 总体反映了一种浅表层次的变形环境。

3 采样点变形特征

在新藏公路 128 km 附近产出一套浅变质绿帘绿帘石片岩、绢云石英片岩, 地层产状稳定, 产状 25°~40°, 南侧被 128 岩体侵入。根据其中所含的叠层石确定其形成时代为青白口系。该地层中发育一组陡倾断裂构造(属于 F₄), 断层产状: 15°~35°/60°~75°。716 5 样品采自断裂带中绿帘石英片岩中。

其余的 4 个样品均采自早古生代增生楔杂岩中。

在库地北岩体北侧出露宽度约 1 km 的变质岩系, 与北侧的一些克沟火山岩断层接触, 与南侧花岗闪长岩侵入接触。发育透入性的片理构造(属于 F₂), 没有明显的后期叠加构造, 715 5(新藏公路 148 km 处)样品采自其中。715 25 样品采自库地南侧新藏公路 168 km 处的黑云斜长片麻岩中(属于 F₁), 同样没有明显的后期构造扰动现象。

在新藏公路 173 km 处明显可见晚期断裂构造截切早期片麻理, 断裂为一典型的犁式断裂(图 3a), 总体向北倾。特征类似于上述的 F₃。712 2(新藏公路 173 km 处)样品采自该断裂中。此外可见晚期的花岗质脉体平行断裂带延伸。

在新藏公路 175 km 处, 为斜长角闪质片岩, 岩石发育片理构造(图 3b), 片理向北缓倾, 倾角 15°~20°, 明显切割向南陡倾的早期片麻理(倾角

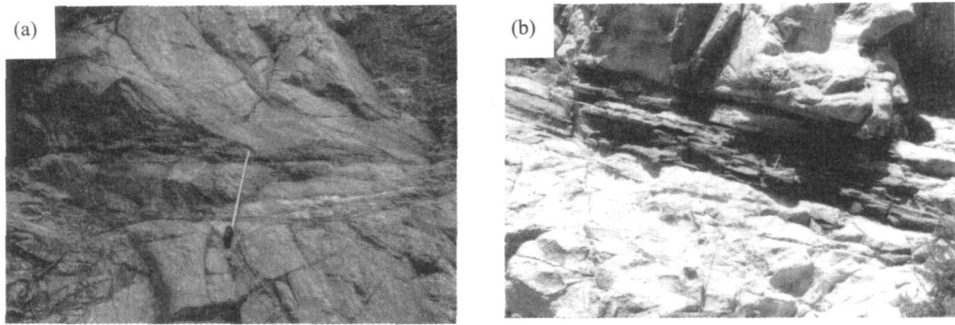


图 3 库地南片麻岩中构造变形特征

Fig. 3 Deformation characteristics of the gneiss in the South of Kuda

a. 新藏公路 173 km 处犁式断裂; b. 新藏公路 175 km 处片理构造

70°), 野外露头上可见片状角闪石矿物平行脉体延伸, 从该期片理化带边部形成的拖曳褶皱以及对早期片麻理改造的特征判断为上层下滑的正断层, 717 11 样品采自该片理化带中。

4 样品的岩石学特征

716 5 为黑云绿泥绿帘石片岩(128 km): 灰绿色, 粒状鳞片变晶结构、片状构造。主要成分: 黑云母: 30%~35%, 绿泥石>30%; 次要成分: 绿帘石 20%, 石英 15%~20%。岩石中还发育次生石英脉和方解石脉体。岩石中粒状的石英和片状的黑云母、绿泥石各自富集且相间排列形成纹层状构造。从纹层状构造与断裂构造平行而与早期的面理构造成大角度相交的特征判断, 新生的片状云母矿物为同构造变质作用的产物, 其变质年龄可代表本期变形的时代。

715 5 为黑云斜长石英变粒岩, 粒状变晶结构, 块状构造, 粒径为 0.1~0.2 mm。石英、长石为重结晶粒状, 片状矿物主要为黑云母, 白云母少量。黑云母多色性为 Ng 二浅绿褐色, Np 二浅绿黄色。斜长石, 晶体中出现蚀变形成的绢云母鳞片, 此外有少量的绿帘石, 发育退变质结构。

715 25 为二云斜长石英片麻岩, 鳞片粒状变晶结构、片麻状构造, 粒径为 0.2~0.4 mm, 石英长石重结晶粒状, 与云母绿泥石等片状矿物平行相间分布, 形成片麻状构造。斜长石发生蚀变作用, 晶体中出现绢云母鳞片。此外岩石中可见少许斜长石变晶中包裹有石英、白云母等矿物包裹体, 包裹体显示明显的“S”形现象, 反映二期面理的置换作用。其中黑云母多色性明显, Ng 二褐红色, Np 二浅黄褐色, 绿

泥石多色性不明显。矿物含量: 石英 50%~55%, 白云母 15%~25%, 黑云母 5%~10%, 斜长石 10%~15%, 绿泥石小于 5%。从片状矿物的排列方向与片麻理相互平行, 判断主变形与变质作用同期。

712 2 为黑云母片岩, 鳞片粒状变晶结构, 片状构造, 粒径为 0.15~0.2 mm。黑云母鳞片细小, 定向排列, 形成片状构造。除黑云母、石英外, 还有少量绿泥石、绿帘石、黝帘石。其中黑云母平行断层面定向排列, 与母岩中的黑云母比较, 其个体明显小, 而且其多色性以 Ng 二浅绿褐色, Np 二浅绿黄色为特点。

717 11 为角闪斜长片岩, 片状变晶结构, 片状构造, 主要成分: 角闪石 45%~55%, 斜长石 40%, 其中可见少量环带状斜长石斑晶, 反映其原岩应为辉长岩或辉绿玢岩; 此外还有少量的绿泥石、绿帘石、黝帘石等。从角闪石、斜长石多数平行于片理定向排列的组构分析其多数为新生的变质矿物(可能保留了少量的原生矿物)。

5 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 同位素测年结果及其地质解释

5 个样品均采用 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 快中子活化分析法。分离提纯的矿物除 717 11 为角闪石外, 其他 4 个样品均为黑云母, 各样品提纯的单矿物重量、照射参数、年龄计算采用的常数以及误差估算均在表头列出。5 个样品的原始测试结果、各阶段坪年龄对应的等时线年龄、加热阶段、温度以及释放 ^{39}Ar 的百分比见表 1, 各自的坪年龄见图 4。

715 25 形成了 2 个比较好的坪年龄分别是 (440±1) Ma 和 (382±1) Ma, 各自对应的等时线年

表 1 黑云母、角闪石⁴⁰Ar/³⁹Ar 快中子活化法定年数据

Table 1 The ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating data of biotite and amphibole in NA fast neutron activation method

715 25 黑云母, 实验编号 R01018, 样品重量 0.109 6 g, 照射参数 $J=0.008471$, $\lambda=5.543 \times 10^{-10}$ (年)

加热阶段	温度 (°C)	(⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar) _m	(³⁶ Ar/ ³⁹ Ar) _m	(³⁷ Ar/ ³⁹ Ar) _m	(³⁸ Ar/ ³⁹ Ar) _m	³⁹ Ar _k (10 ⁻¹² mol)	(⁴⁰ Ar*/ ³⁹ Ar _k) ±σ	³⁹ Ar _k (%)	³⁹ Ar 累积释 放百分比 (%)	视年龄 t±1σ (Ma)
1	420	42.539	0.0317	0.8039	0.0571	1.460	33.25±0.01	1.06	1.06	447.74±8.72
2	530	37.222	0.0327	0.6537	0.0413	3.756	27.63±0.01	2.73	3.79	379.43±6.32
3	640	31.910	0.0142	0.5802	0.0317	5.704	27.75±0.01	4.15	7.94	380.92±5.43
4	750	30.434	0.0080	0.2540	0.0148	13.87	28.06±0.00	10.1	18.04	384.82±5.25
5	820	29.303	0.0050	0.1573	0.0148	18.32	27.79±0.00	13.3	31.34	381.50±5.08
6	900	34.234	0.0067	0.2004	0.0192	15.44	32.23±0.01	11.2	42.54	435.57±6.50
7	980	33.914	0.0040	0.1913	0.0191	17.30	32.72±0.01	12.6	55.14	441.37±6.51
8	1060	34.310	0.0058	0.2295	0.0246	15.81	32.57±0.01	11.5	66.64	439.67±6.57
9	1140	34.215	0.0058	0.1760	0.2264	23.66	32.48±0.01	17.2	83.84	438.59±9.00
10	1220	36.009	0.0114	0.3379	0.0282	10.11	32.64±0.01	7.36	91.20	440.41±6.92
11	1320	37.031	0.0140	0.3741	0.0290	7.422	32.90±0.01	5.4	96.60	443.55±7.19
12	1450	51.989	0.0287	0.5062	0.0476	4.429	43.54±0.02	3.22	100.00	566.45±14.44

712 2 黑云母, 实验编号 R01015, 样品重量 0.109 6 g, 照射参数 $J=0.008471$, $\lambda=5.543 \times 10^{-10}$ (年)

1	420	52.325	0.0930	0.8480	0.0674	0.997	25.01±0.05	0.48	0.48	346.70±17.74
2	530	18.988	0.0337	0.6438	0.0842	2.063	9.101±0.00	1.00	1.48	133.98±1.94
3	650	18.372	0.0075	0.0908	0.0158	19.95	16.12±0.00	9.68	11.16	231.01±2.99
4	750	17.261	0.0047	0.0895	0.0167	17.53	15.83±0.00	8.51	19.67	227.14±2.86
5	850	17.142	0.0035	0.0837	0.0173	12.99	16.06±0.00	6.3	25.97	230.24±2.89
6	920	21.122	0.0040	0.0584	0.0118	22.73	19.89±0.00	11	36.97	281.00±3.89
7	1000	21.182	0.0026	0.0980	0.0117	43.14	20.37±0.00	20.9	57.87	287.19±3.98
8	1080	20.559	0.0015	0.0916	0.0158	28.99	20.06±0.00	14.0	71.87	283.24±3.85
9	1160	21.792	0.0056	0.0835	0.0175	24.59	20.10±0.00	11.9	83.77	283.72±4.02
10	1250	21.354	0.0041	0.0705	0.0181	22.27	20.10±0.00	10.8	94.57	283.72±3.96
11	1350	22.500	0.0083	0.1591	0.0313	8.351	20.03±0.01	4.05	98.62	282.80±4.13
12	1450	32.857	0.0304	0.3472	0.0333	2.435	23.89±0.02	1.18	100.00	332.55±7.52

717 11 角闪石, 实验编号 R01016, 样品重量 0.221 g, 照射参数 $J=0.008471$, $\lambda=5.543 \times 10^{-10}$ (年)

1	410	32.873	0.0160	0.4063	0.0379	2.017	28.15±0.01	1.94	1.94	385.84±5.66
2	520	24.462	0.0161	0.3801	0.0225	4.314	19.72±0.00	4.16	6.10	278.72±3.47
3	620	18.937	0.0096	0.8776	0.0251	10.03	16.13±0.00	9.7	15.80	231.09±2.73
4	720	25.819	0.0065	0.6882	0.0251	8.487	23.92±0.00	8.2	24.00	332.94±4.19
5	820	24.884	0.0034	0.7058	0.0206	10.01	23.89±0.00	9.67	33.67	332.61±4.11
6	900	25.729	0.0062	1.7031	0.0241	11.12	24.02±0.00	10.7	44.37	334.16±4.19
7	980	29.677	0.0064	1.2924	0.0268	10.77	27.87±0.00	10.4	54.77	382.44±5.15
8	1060	28.110	0.0025	1.3440	0.0256	20.11	27.46±0.00	19.4	74.17	377.37±4.91
9	1140	28.695	0.0028	1.1463	0.0221	15.99	27.92±0.00	15.4	89.57	383.05±5.03
10	1220	30.370	0.0092	1.1947	0.0366	6.258	27.73±0.00	6.04	95.61	380.69±5.24
11	1300	32.929	0.0202	2.6335	0.0434	2.292	27.21±0.01	2.21	97.82	374.22±5.53
12	1450	68.089	0.0988	5.5610	0.0460	2.056	39.55±0.04	1.98	100.00	521.37±21.76

715 5 黑云母, 样品号: 09, 实验室编号 200F 7D1, 照射日期: 2000. 8. 15, 分析日期: 2002. 3. 11, 照射参数 $J=0.008471$, $\lambda=5.543 \times 10^{-10}$ (年)

加热温度 (°C)	³⁶ Ar/ ³⁹ Ar	³⁷ Ar/ ³⁹ Ar	³⁸ Ar/ ³⁹ Ar	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar	³⁹ Ar (%)	视年龄 (Ma)	
1	750	0.00568	0.0000	0.0867	15.353	0.9	197.7±5.9
2	770	0.00416	0.0089	0.0522	15.957	1.6	212.0±6.4
3	790	0.004	0.0043	0.0265	17.354	2.9	231.5±6.9
4	800	0.00382	0.0059	0.03	18.355	3.0	245.7±7.4
5	810	0.00352	0.0025	0.0191	19.95	3.5	268.0±8.0
6	820	0.00356	0.002	0.0143	21.385	4.3	286.6±8.6
7	830	0.0058	0.0033	0.0449	22.173	2.7	288.3±8.6
8	840	0.00855	0.0019	0.0162	23.064	3.4	289.3±8.7

续表 1

715 5 黑云母, 样品号: 09, 实验室编号 200F-7D1, 照射日期: 2000. 8. 15, 分析日期: 2002. 3. 11, 照射参数 $J=0.008471$, $\lambda=5.543 \times 10^{-10}$ (年)							
	加热温度 ($^{\circ}\text{C}$)	$^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$^{39}\text{Ar}(\%)$	视年龄 (Ma)
9	850	0.00255	0.0016	0.0828	21.057	6.9	286.2 \pm 8.6
10	860	0.006	0.0048	0.024	22.007	3.7	285.3 \pm 8.6
11	860	0.00362	0.0026	0.0491	23.5	7.4	313.8 \pm 9.4
12	870	0.00267	0.0051	0.0287	25.417	4	341.8 \pm 10.3
13	880	0.00367	0.0029	0.0251	27.167	7	360.1 \pm 10.8
14	890	0.00385	0.0028	0.0205	27.577	7.3	364.5 \pm 10.9
15	900	0.00473	0.0033	0.0173	27.778	5.8	363.8 \pm 10.9
16	900	0.00381	0.0035	0.0204	27.543	5.9	364.3 \pm 10.9
17	910	0.00327	0.0035	0.0244	27.33	4.4	363.6 \pm 10.9
18	920	0.00363	0.0017	0.0137	28.959	5	382.5 \pm 11.5
19	920	0.00381	0.0047	0.0183	28.886	3	380.9 \pm 11.4
20	925	0.00691	0.0059	0.0182	29.98	2.2	383.2 \pm 11.5
21	930	0.00705	0.004	0.0198	29.772	2.2	380.0 \pm 11.4
22	940	0.00836	0.0049	0.0221	30.313	1.9	382.0 \pm 11.5
23	950	0.0052	0.004	0.0159	29.235	1.4	380.2 \pm 11.4
24	960	0.00591	0.0067	0.0211	29.818	1.9	384.8 \pm 11.5
25	970	0.00513	0.0057	0.0179	31.026	1.7	402.5 \pm 12.1
26	980	0.0082	0.0074	0.0186	31.999	2.3	403.3 \pm 12.1
27	990	0.00703	0.0054	0.017	31.622	1.6	402.9 \pm 12.1
28	1000	0.00623	0.0086	0.0323	31.518	1.1	404.5 \pm 12.1
29	1050	0.00841	0.0056	0.0505	37.062	0.5	463.4 \pm 13.9
30	1100	0.0129	0.0037	0.0331	42.41	0.5	510.4 \pm 15.3
716 5 黑云母(127.17 km), 样品号: 13, 实验室编号 2001-7D2, 照射日期: 2000. 8. 15, 分析日期: 2002. 3. 4, 照射参数: $J=0.008471$, $\lambda=5.543 \times 10^{-10}$ (年)							
1	550	0.275	0.004	0.8254	89.586	0	122.2 \pm 17.0
2	700	0.345	0.0083	0.0833	110.611	0	127.7 \pm 21.7
3	730	0.0105	0.0041	0.0576	9.836	1.4	100.0 \pm 4.0
4	750	0.00427	0.004	0.027	10.791	3.6	140.0 \pm 5.6
5	770	0.00265	0.0035	0.0216	11.488	6.2	156.5 \pm 6.3
6	790	0.00303	0.0019	0.0166	12.113	10	163.7 \pm 6.5
7	800	0.00293	0.0025	0.0178	12.34	8.6	167.3 \pm 6.7
8	810	0.00185	0.0027	0.0469	11.79	7.9	164.0 \pm 6.5
9	820	0.00349	0.0045	0.0359	12.289	6.4	164.2 \pm 6.5
10	830	0.0027	0.0028	0.0413	12.135	7.6	165.3 \pm 6.6
11	840	0.00265	0.0037	0.0256	12.731	7.8	173.8 \pm 7.0
12	850	0.00269	0.0032	0.0275	12.742	6.7	173.8 \pm 7.0
13	860	0.00241	0.0035	0.0212	13.051	8.2	179.3 \pm 7.2
14	870	0.00234	0.0037	0.0208	13.041	7.7	179.4 \pm 7.2
15	880	0.00258	0.0028	0.0204	13.283	5.2	181.8 \pm 7.3
16	900	0.00345	0.0034	0.0223	13.309	4.2	178.6 \pm 7.1
17	940	0.00344	0.0028	0.0198	13.506	5.1	181.4 \pm 7.3
18	980	0.00553	0.0084	0.0391	22.196	1.4	289.6 \pm 11.6
19	1060	0.0113	0.0102	0.0361	25.939	1.4	316.1 \pm 12.6
20	1150	0.0166	0.0264	0.0631	32.217	0.6	375.3 \pm 18.7

注: 北京大学地质系高洪林在 Ar-Ar 实验室采用英国 VG 公司的 VGA 10 气体源质谱计测试完成, 分析日期分别为 2002 年 3 月 4 日(表中后 2 个样品)和 2003 年 6 月 23 日(前 3 个样品). 样品在中国科学院高能物理所原子能 49 2 反应堆分 2 次照射, 时间分别为 2000 年 8 月 15 日(表中后 2 样)和 2001 年 7 月 6 日(前 3 个样品).

龄分别为(440 \pm 6) Ma 和(382 \pm 3) Ma. 其中 440 Ma 闪石、黑云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 的(453 \pm 5) Ma~(428 \pm 2) Ma(周辉和李继亮, 2000) 年龄非常接近. 382 Ma 则代表了黑云母的形成时代, 反映大型剪切带的形成时代, 这个结果与周辉早期在该剪切带中得出的角可能反映一次重要的热扰动事件发生的时间.

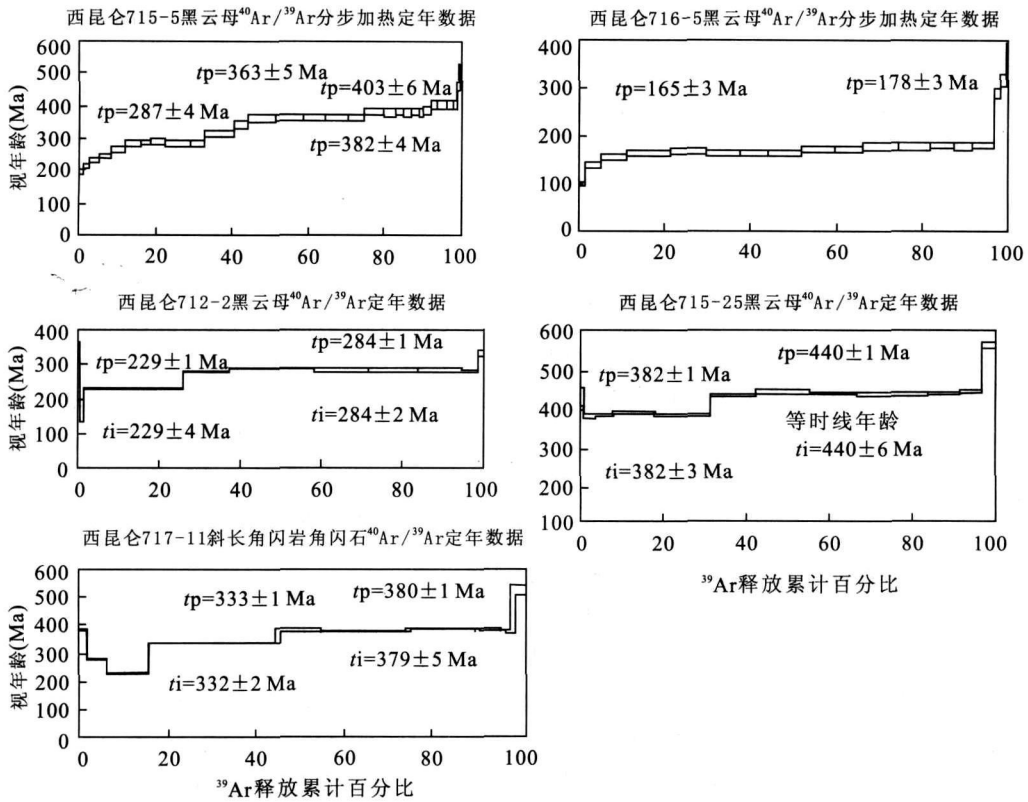


图 4 黑云母、角闪石的⁴⁰Ar/³⁹Ar坪年龄

Fig. 4 ⁴⁰Ar/³⁹Ar age of biotite and amphibole

715 5 形成的坪年龄比较多, 分别是(403 ± 6) Ma、(382 ± 4) Ma、(363 ± 5) Ma、(287 ± 4) Ma。其中(403 ± 6) Ma 代表了黑云母的形成时代, 反映增生楔形成的最晚时间; 其他均是热扰动事件的反映, (382 ± 4) Ma 与变质岩南侧花岗岩的 384 Ma(许荣华等, 1994)的侵位年龄一致; (278 ± 4) Ma 与该带广泛发育的基性岩脉的年龄一致(计文化等, 2005), 而(363 ± 5) Ma 代表的地质意义还不明确。

717 11 同样有 2 个较好的坪年龄, 分别是(380 ± 1) Ma、(333 ± 1) Ma, 对应的等时线年龄为(379 ± 5) Ma、(332 ± 2) Ma; 从该样品中有斜长石斑晶分析, 肯定残留有原生的角闪石矿物, 因此 380 Ma 代表了岩脉的侵位年龄, 这个结果与 715 25 中热扰动的年龄非常一致。333 ~ 332 Ma 则代表了片理形成时的构造变形时间。

712 2 的 2 个较好的坪年龄为(284 ± 1) Ma、(229 ± 1) Ma, 各自对应的等时线年龄分别是(284 ± 2) Ma 和(229 ± 4) Ma。其中 284 Ma 是新生的黑云母的形成年龄, 可反映断裂构造的形成时代。229 Ma 是一次重要的热扰动时间, 这与库地一带广

泛发育的酸性岩脉 230 Ma(计文化等, 2005)的侵入时间非常一致。

716 5 的 2 个坪年龄比较接近, 分别为(165 ± 3) Ma 和(178 ± 3) Ma, 可代表断裂构造的脉冲式活动及其持续时间。

6 讨论

增生杂岩是海沟浊积岩、远洋沉积物、下冲板块在俯冲过程中被刮削下来堆积在上驮板块前端形成的, 它的堆积和变质是一个漫长的地质过程。研究的增生楔杂岩中黑云母的结晶年龄分别是 440 Ma 和(403 ± 6) Ma, 可代表这个增生过程的持续时间。结合周辉和李继亮(2000)早期关于库地煌斑岩脉的研究成果, 可认为(403 ± 6) Ma 代表着增生过程的时间上限。

辉绿岩脉, 特别是辉绿岩脉群的出现常常代表一种区域性的伸展构造背景。研究的 380 ~ 382 Ma 的基性岩脉侵位年龄和热扰动年龄, 333 Ma 的变形年龄, 相当于晚古生代早期。此外, 在该区还发育大

量的 280 ~ 273 Ma 的辉绿岩脉(计文化等, 2005), 可以指示西昆仑从挤压构造环境转化为引张环境的开始和持续时限为 382 ~ 273 Ma. 与此相对应的还有在西昆仑区域上发育的晚泥盆纪红色磨拉石沉积、石炭—二叠纪的裂谷型火山岩(边小卫等, 2002) 碎屑岩沉积.

(229 ± 1) Ma ~ (165 ± 3) Ma 相当于晚古生代晚期—中生代, 结合该区发育的含白云母过铝质花岗岩 243.8 ~ 230.3 Ma 的侵位年龄指示西昆仑中、北带由引张环境转化为挤压走滑的构造背景.

7 结论

西昆仑库地一带发育有透入性片理、片麻理构造, 采用黑云母单矿物⁴⁰Ar/³⁹Ar 法测得片麻理的形成年龄为 440 ~ (403 ± 6) Ma, 代表着原特提斯在早古生代的俯冲削减作用持续的时间. 382 ~ 284 Ma 的变形年龄和岩脉侵位年龄, 代表着该区从早古生代晚期的挤压构造环境转化为引张环境及其所持续的时间. 229 ~ 165 Ma 的热扰动年龄和断裂活动年龄代表着该区由引张构造环境再次转化为挤压走滑构造环境.

References

Bian, X. W., Li B. Q., Zhang, J. L., et al., 2002. Geological features and Ore forming significance of the carboniferous rift in Pulu—Aqiang or Yutian Count, Xinjiang. *Geology of Shaanxi*, 22(2): 1—8 (in Chinese with English abstract).

Chen, N. S., Zhu, J., You, Z. D., et al., 1998. A comparison about metamorphism among the oldest rock units from orogenic belts of Dabie, eastern Qinling and eastern Kunlun of the central mountain range, China. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 23(5): 449—454 (in Chinese with English abstract).

Fang, A. M., Li, J. L., Hou, Q. L., et al., 2000. The assemblages of the Radiolaria fossils found in “Yisak Group” of West Kunlun of Xinjiang and discussion on its age. *Scientia Geologica Sinica*, 35(2): 212—218 (in Chinese with English abstract).

Hao, J., Liu, X. H., Fang, A. M., et al., 2003. Disaggregation of Kuda ophiolite and its related problems discussion, West Kunlun. *Progress in Natural Science*, 13(1): 1116—1120 (in Chinese with English abstract).

Hou, G. J., Wang, G. C., Zhang, K. X., et al., 1999. Super

imposed folds and corresponding deformation mechanism in foreland basins in eastern Kunlun orogenic zone. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 24(2): 125—128 (in Chinese with English abstract).

Ji, W. H., Zhou, H., Li, Y. M., 2005. K Ar ages of basic acid dikes of the 118—323 km section of the Xinjiang Tibet highway in the West Kunlun. *Geological Bulletin of China*, 24(3): 243—245 (in Chinese with English abstract).

Jiang, C. F., Yang, J. S., Feng, B. G., et al., 1992. Opening Closing tectonics of Kunlun mountains. Geological Publishing House, Beijing, 115—144 (in Chinese).

Jiang, Y. H., Rui, X. J., He, J. R., et al., 1999. Tectonic type of Caledonian granitoids and tectonic significance in the West Kunlun Mts. *Acta Petrologica Sinica*, 15(1): 105—115 (in Chinese with English abstract).

Li, B. Q., Yao, J. X., Ji, W. H., et al., 2006. Characteristics and zircon SHRIMP U Pb ages of the arc magmatic rocks in Mazar, southern Yecheng, West Kunlun mountains. *Geological Bulletin of China*, 25(1—2): 124—132 (in Chinese with English abstract).

Pan, Y. S., Zhou, W. M., Xu, R. H., et al., 1996. Geological characteristics and evolution of the Kunlun mountains region during the early Paleozoic. *Science in China (Ser. D)*, 39(4): 337—347.

Sun, S. Q., Wang, D. X., 1998. The NW trending stretching Lineation characteristics and its geological implications in the western Kunlun orogenic belt. *Geology of Anhui*, 8(3): 26—29 (in Chinese with English abstract).

Wang, G. C., Zhang, K. X., Liang, B., et al., 1997. Texture and tectonic slices of the eastern Kunlun orogenic belt. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 23(4): 352—356 (in Chinese with English abstract).

Wang, Y. L., Li, X. D., Bi, H., et al., 1997. The geological characteristics and Geotectonic setting of Kuda ophiolite in western Kunlun mountains. *Journal of Changchun University of Science and Technology*, 27(3): 304—309 (in Chinese with English abstract).

Wang, Z. H., Li, J. L., Hou, Q. L., et al., 2000. Geology, geochemistry and genesis of the Kuda ophiolite, western Kunlun, China. *Scientia Geologica Sinica*, 35(2): 151—160 (in Chinese with English abstract).

Xiao, W. J., Hou, Q. L., Li, J. L., et al., 2000. Tectonic facies and the archipelago accretion process of the West Kunlun, China. *Science in China (Ser. D)*, 30(Suppl.): 22—28 (in Chinese).

- Xiao, X. C., Liu, X., Gao, R., et al., 2004. The crustal structure and tectonic evolution of southern Xinjiang, China. Commercial Press, Beijing, 270 (in Chinese).
- Xiao, X. C., Wang, J., Su, L., et al., 2005. Early ophiolite and its tectonic evolution of West Kunlun, northwestern Tibet. *Scientia Geologica Sinica*, 44(4): 372 - 381 (in Chinese with English abstract).
- Xu, R. H., Zhang, Y. Q., Xie, Y. W., et al., 1994. A discovery of an Early Paleozoic tectonomagmatic belt in the northern part of West Kunlun mountains. *Scientia Geologica Sinica*, 29(4): 313 - 328 (in Chinese with English abstract).
- Yin, H. F., Zhang, K. X., 1997. Characteristics of the eastern Kunlun orogenic belt. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 22(4): 339 - 342 (in Chinese with English abstract).
- Yin, H. F., Zhang, K. X., 1998. Evolution and characteristics of the central Orogenic belt. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 23(5): 438 - 442 (in Chinese with English abstract).
- Yuan, C., Zhou, H., Sun, M., et al., 2000. Geochemical characteristics and tectonic implications of North Kuda pluton, West Kunlun mountains. *Geochimica*, 29(2): 101 - 107 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, K. X., Zhu, Y. H., Yin, H. F., et al., 2004. Application of tectonic facies in geological mapping in East Kunlun orogenic belt. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 29(6): 661 - 666 (in Chinese with English abstract).
- Zhou, H., Chu, Z. Y., Li, J. L., et al., 2000. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Dating of ductile shear zone in Kuda, West Kunlun, Xinjiang. *Scientia Geologica Sinica*, 35(2): 233 - 239 (in Chinese with English abstract).
- Zhou, H., Li, J. L., 2000. Age and geological features of lamprophyres in Kuda, western Kunlun. *Acta Petrologica*, 16(3): 380 - 384 (in Chinese with English abstract).
- Zhou, H., Li, J. L., Hou, Q. L., et al., 1999. The Large scale ductile shear Zone in Kuda, West Kunlun. *Chinese Science Bulletin*, 44(22): 2080 - 2083.
- 郝杰, 刘小汉, 方爱民, 等, 2003. 西昆仑“库地蛇绿岩”的解体及有关问题的讨论. *自然科学进展*, 13(1): 1116 - 1120.
- 侯光久, 王国灿, 张克信, 等, 1999. 东昆仑造山带前陆盆地的叠加褶皱及其变形机制. *地球科学—中国地质大学学报*, 24(2): 125 - 128.
- 计文化, 周辉, 李亚民, 2005. 西昆仑新藏公路 118~323 km 段基性、酸性岩脉 K/Ar 年龄初步研究. *地质通报*, 24(3): 243 - 245.
- 姜春发, 杨经绥, 冯秉贵, 等, 1992. 昆仑开合构造. 北京: 地质出版社, 115 - 144.
- 姜耀辉, 芮行健, 贺菊瑞, 等, 1999. 西昆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.
- 李博秦, 姚建新, 计文化, 等, 2006. 西昆仑叶城南麻扎地区弧火成岩的特征及其锆石 SHRIMP U-Pb 测年. *地质通报*, 25(1-2): 124 - 132.
- 潘裕生, 周伟明, 许荣华, 等, 1996. 昆仑山早古生代地质特征与演化. *中国科学(D辑)*, 26(4): 302 - 307.
- 孙世群, 王道轩, 1998. 西昆仑造山带北西向拉伸线理特征及其地质意义. *安徽地质*, 8(3): 26 - 29.
- 王国灿, 张克信, 梁斌, 等, 1997. 东昆仑造山带结构及构造岩片组合. *地球科学—中国地质大学学报*, 23(4): 352 - 356.
- 王元龙, 李向东, 毕华, 等, 1997. 西昆仑库地蛇绿岩的地质特征及其形成环境. *长春地质学院学报*, 27(3): 304 - 309.
- 王志洪, 李继亮, 侯泉林, 等, 2000. 西昆仑库地蛇绿岩地质、地球化学及其成因研究. *地质科学*, 35(2): 151 - 160.
- 肖文交, 侯泉林, 李继亮, 等, 2000. 西昆仑大地构造相解剖及其多岛增生过程. *中国科学(D辑)*, 30(增刊): 22 - 28.
- 肖序常, 刘训, 高锐, 等, 2004. 新疆南部地壳结构和构造演化. 北京: 商务印书馆.
- 肖序常, 王军, 苏梨, 等, 2005. 青藏高原西北西昆仑山早期蛇绿岩及其构造演化. *地质科学*, 44(4): 372 - 381.
- 许荣华, 张玉泉, 谢应雯, 等, 1994. 西昆仑山北部早古生代构造-岩浆带的发现. *地质科学*, 29(4): 313 - 328.
- 殷鸿福, 张克信, 1997. 东昆仑造山带的一些特点. *地球科学—中国地质大学学报*, 22(4): 339 - 342.
- 殷鸿福, 张克信, 1998. 中央造山带的演化及其特点. *地球科学—中国地质大学学报*, 23(5): 438 - 442.
- 袁超, 周辉, 孙敏, 等, 2000. 西昆仑山库地北岩体的地球化学特征及其构造意义. *地球化学*, 29(2): 101 - 107.
- 张克信, 朱云海, 殷鸿福, 等, 2004. 大地构造相在东昆仑造山带地质填图中的应用. *地球科学—中国地质大学学报*

附中文参考文献

- 边小卫, 李博秦, 张俊良, 等, 2002. 新疆于田普鲁-阿羌石炭纪裂谷地质特征及成矿意义. *陕西地质*, 22(2): 1 - 8.
- 陈能松, 朱杰, 游振东, 等, 1998. 中央山系大别、东秦岭和东昆仑造山带最古老岩系变质过程对比. *地球科学—中国地质大学学报*, 23(5): 449 - 454.
- 方爱民, 李继亮, 侯泉林, 等, 2000. 新疆西昆仑“依沙克群”中

报, 29(6): 661 - 666.

周辉, 储著银, 李继亮, 等, 2000. 西昆仑库地韧性剪切带的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄. 地质科学, 35(2): 233 - 239.

周辉, 李继亮, 2000. 西昆仑库地煌斑岩的年代学和地球化学

特征. 岩石学报, 16(3): 380 - 384.

周辉, 李继亮, 侯泉林, 等, 1999. 西昆仑库地大型韧性剪切带的厘定. 科学通报, 44(16): 1774 - 1777.

(上接 614 页)

王国灿, 贾春兴, 朱云海, 等, 2004. 阿拉克湖幅地质调查新成果及主要进展. 地质通报, 23(5-6): 549 - 554.

王国灿, 向树元, John I. Garver, 等, 2003. 东昆仑东段哈拉郭

勒一哈图一带中生代的岩石隆升剥露—锆石和磷灰石裂变径迹年代学证据. 地球科学——中国地质大学学报, 28(6): 645 - 652.

(上接 661 页)

张旗, 王焰, 刘红涛, 等, 2003. 中国埃达克岩的时空分布及其形成背景. 地学前缘, 10(4): 385 - 400.

张旗, 许继峰, 王焰, 等, 2004. 埃达克岩的多样性. 地质通报,

23(9-10): 959 - 965.

张以弗, 邓建康, 1994. 青海可可西里及临区地质概论. 北京: 地震出版社, 1 - 177.