

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

天山后碰撞阶段构造演化的新信息

——来自阿吾拉勒山中段动力变质岩的证据

李向东 王庆明

(新疆地质矿产勘查开发局地质矿产研究所, 乌鲁木齐, 830000)

王克卓

(新疆地质矿产勘查开发局第一区域地质调查大队, 乌鲁木齐, 830011)

内容提要 中国天山阿吾拉勒成矿带形成于石炭纪—二叠纪裂谷地质背景之上, 其中段已发现著名的式可布台富铁矿床以及伴生的一系列铜矿点, 成矿围岩为浅变质岩系。笔者根据近年研究, 确定该含矿岩系实际是区域性挤压构造形成的动力变质岩带, 其中云母片岩的绢云母经 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年, 获得坪年龄 $220.6 \pm 3.4 \text{ Ma}$ 和等时线年龄 $220.7 \pm 6.6 \text{ Ma}$ 。这一成果揭示天山山脉在后碰撞地壳演化阶段, 经历了晚三叠世构造热事件的改造。

关键词 晚三叠世事件 动力变质带 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 同位素年龄 天山山脉

位于新疆伊犁盆地东南缘的天山山脉阿吾拉勒山, 主要由石炭纪和二叠纪火山岩系及少量侵入岩构成。一般认为, 该区域在古生代晚期属于裂谷环境^[1], 并且与天山东段的雅满苏晚古生代中期拉张型陆缘岩浆岩带同为火山岩型铁矿成矿有利地段, 式可布台(新源)和雅满苏等火山岩型铁矿床都赋存于其中^[2]。

阿吾拉勒山中段曾划分出一套中泥盆统一晚泥盆统坎苏组($D_{2-3}k$)地层^{①②}, 其东起玉希莫勒盖达坂附近, 西至铁木里克一带, 延伸约130 km, 宽2~8 km(图1), 主要由中—酸性火山喷发熔岩及火山碎屑岩组成。该岩系下部位发育一套原岩为火山岩的低绿片岩相浅变质岩系, 岩性为千枚岩、板岩及片岩。在式可布台和铁木里克一带, 这套岩系普遍含有赤铁矿层, 因此, 被确定为直接找矿标志之一。迄今的文献多认为该变质岩是区域变质作用的产物。

坎苏组的时代始终存在争论, 命名者仅依据前人资料将其置于中泥盆世—晚泥盆世。随着区域地质研究程度的提高, 因无法进行区域地层对比, 又没有发现属于泥盆纪的确凿证据, 坎苏组一词被放弃, 相关地层根据岩性对比划归下石炭统大哈拉军山组(C_1d)^[3], 但在变质程度和含矿性等方面均与标准的大哈拉军组有明显的区别。由于地处天山腹地, 附近又未见确凿的前石炭纪地质体(图1), 所以这套变质岩系形成与演变的研究, 对于重建天山地质演化历史和确定相关矿产的找矿方向, 有着十分重要的现实意义。

1 阿吾拉勒山中段动力变质岩带的厘定及构造变形

笔者1991、1996和1997年先后在独库公路玉希莫勒盖达坂和式可布台矿区进行了野外

注: 本文为国家305项目(编号969150703)、国家自然科学基金重点项目(编号49734230)和原地质矿产部深部地质重点项目(编号9501203)共同资助。

①周申喜等. 新源幅(1:20万)地质图及说明书. 1995.

②白光群等. 托库孜·库马·拉克幅(1:20万)地质图及说明书. 1975.

本文1998年4月收到, 5月改回, 周健编辑。

实地考察和相关室内初步研究,确定原“坎苏组”为一套韧—脆性断裂形成的构造岩系,阿吾拉勒山中段动力变质岩带就位于其中的式可布台—玉希莫勒盖一带。

1.1 动力变质岩带的平面展布及变质特征

该带呈近东西走向延伸,长度约 100 km,宽度仅 1 km 左右。南北两侧与火山沉积岩系之间,均以脆性断裂相隔(图 1),地质构造特征在不同地段也不尽相同。

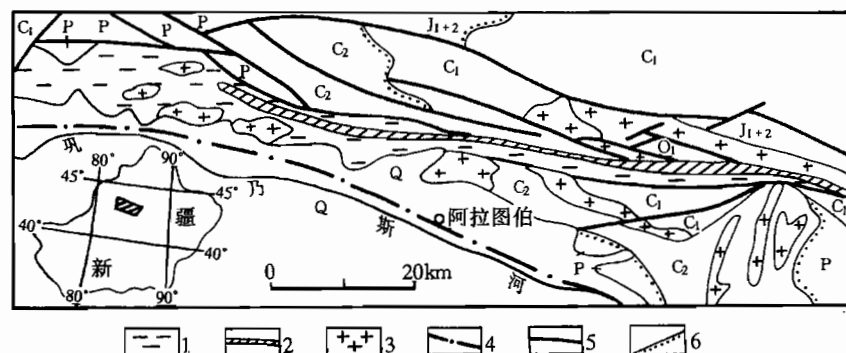


图 1 中国天山阿吾拉勒山中段地质简图

Fig. 1 Geological map of the middle Awulale Mt. of Tianshan Mts., NW China
Q—第四系; J₁₋₂—下—中侏罗统; P—二叠系; C₂—上石炭统; C₁—下石炭统; 1—原划中泥盆统坎苏组出露范围,现归下石炭统大哈拉军山组; 2—动力变质岩带; 3—侵入岩; 4—隐伏活断层; 5—脆性断裂; 6—不整合界面

Q—Quaternary; J₁₋₂—Lower—Middle Jurassic; P—Permian; C₂—Upper Carboniferous; C₁—Lower Carboniferous; 1—Lower Carboniferous Dahalajunshan (previous Middle Devonian Kansu) Formation; 2—dynamic metamorphic belt; 3—intrusive rocks; 4—buried active faults; 5—brittle faults; 6—unconformity

系,韧—脆性过渡类型的构造变形特征明显。动力变质岩带北侧由早石炭世火山岩系和华力西晚期石英闪长岩组成陡峻的阿吾拉勒山脉主脊,南侧发育的石炭纪—二叠纪火山盆地向巩乃斯河谷延伸,形成差别悬殊的构造地貌。向西观察,褐黄色蚀变带沿阿吾拉勒山脊延伸,规模宏大。式可布台一带,地表褐铁矿化蚀变已不明显。但铁矿区考察发现,宽 1200~1400 m 的含矿地质体,实际也是沿韧—脆性断裂形成的构造岩系,内部以绢云母片岩为标志组成 4 条剪切中心带;矿体主要呈层状、透镜状分布,含矿围岩普遍具较强的绢云母化、绿泥石化及硅化蚀变,局部有黄铜矿化、黄铁矿化及较密集的重晶石脉、方解石脉出现,矿体及其顶底板中常见石英脉、镜铁矿—石英脉、磁铁矿—石英脉、石英—碳酸盐脉,表明构造作用形成的动力变质使矿体和围岩中的硅质被热液析出。

该带东段变质程度较高,向西逐渐减弱,至铁木里克一带基本消失,相应地构造变形亦相对减弱,存在着构造带逐渐尖灭的可能。据研究^[4],阿吾拉勒山中段动力变质岩带变质矿物组合为绿泥石—绿帘石—石英—钠长石—绢云母,属于较典型的绢云母—绿泥石低绿片岩相。

1.2 动力变质岩带相关的构造变形变质

根据剖面观察,无论在式可布台(图 2)还是在玉希莫勒盖达坂(图 3),该带内发育的韧—脆性构造面理(断裂面或片理)均向北倾斜,倾角多小于 45°,微构造特征显示出由北向南的构造运动方向。玉希莫勒盖达坂剖面:构造变形以韧性变形叠加脆性破裂和剪切为主要特征,露头确定变形宽度 600~700 m。韧性变形阶段形成的绢云母片岩主要由微粒石英、鳞片状绢云

东段玉希莫勒盖达坂一带,动力变质岩带风化堆积后宏观表现为宽达近千米的褐黄色蚀变带,受断裂构造影响,达坂公路隧道严重渗水结冰已被废弃。该带内部,可以区别出 4 条规模不等的强变形带,现今表现为构造泥和褐铁矿化蚀变带,原岩面貌已难以识别。由强变形带的中心向两侧过渡为绿泥石绢云母片岩或绢云母化强烈的碎裂状火山岩

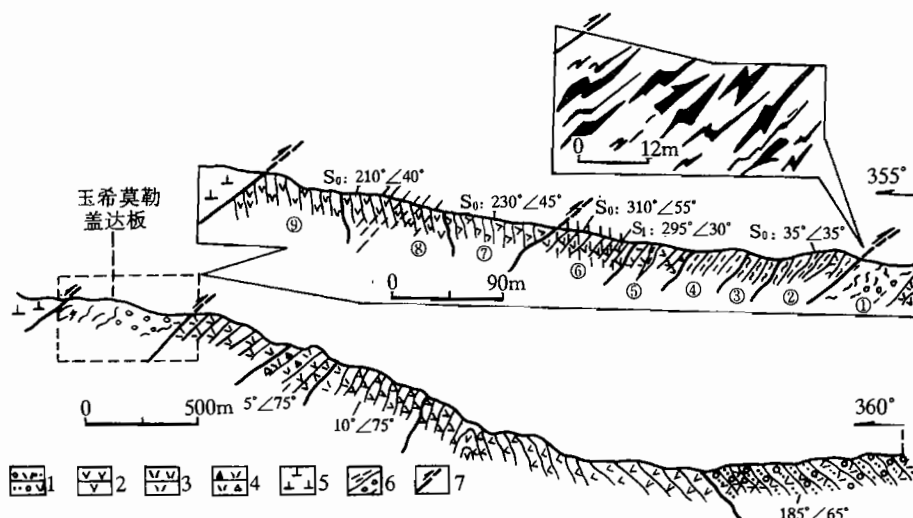


图2 玉希莫勒盖达坂动力变质岩带地质构造剖面图

Fig. 2 Geological structural section of dynamic metamorphic belt across Yuximolegai Daban

1—凝灰质砂岩、砂砾岩; 2—杏仁状、气孔状安山岩; 3—凝灰岩; 4—巨斑状潜安山岩; 5—石英闪长岩; 6—构造破碎带; 7—断裂; ①—构造泥; ②—绿泥绢云片岩; ③—滑石云母片岩; ④—同①; ⑤—片理化凝灰岩夹褐铁矿化蚀变带; ⑥—碎裂状凝灰角砾岩、凝灰岩、凝灰砂岩; ⑦—碎裂状安山岩, 绢云母化强烈; ⑧—强烈褐铁矿化蚀变带; ⑨—破碎强烈的杏仁状安山岩

1—Tuffaceous sandstones, sandy conglomerates; 2—amygdaloidal and vesicular andesites; 3—tuffs; 4—subvolcanic andesites with big porphyritic crystal; 5—quartz-diorites; 6—fracture zone; 7—faults; ①—fault fluccan; ②—chlorite-sericite schists; ③—talc-mica schists; ④—same to ①; ⑤—schistose tuffs interlayered with alteration zone of ferritization; ⑥—cataclastic tuffaceous breccia, tuffs and tuffaceous sandstones; ⑦—cataclastic andesites with intense sericitization; ⑧—intensely alteration zone of ferritization; ⑨—intensely cataclastic amygdaloidal andesites

母组成, 绢云母含量可达 30%~35%, 呈斑状显微粒状鳞片变晶结构、片状构造, 绢云母基本平行定向排列形成片理。其中拉伸线理产状为 $345^{\circ}\sim 30^{\circ}/5^{\circ}\sim 30^{\circ}$; 间距为 0.2~0.3 cm 的密集平行流纹劈理—破劈理发育, 产状为 $355^{\circ}\sim 35^{\circ}/30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 。形成于浅部构造层次的脆性变形, 表现为动力变质岩带中的 4 条规模不等剪切带, 其间均发育构造泥和褐铁矿化蚀变带, 反映有流体参与构造剪切和变质过程。脆性断裂中发育的构造面理倾向以 $20^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 居多, 局部地段可观察到褐铁矿化蚀变带被剪切拉断后, 显示由北向南运动的构造指向, 表现出明显的低角度逆断层特征。此外, 剖面⑥至⑦分层之间存在一向斜构造, 被脆性断裂冲断后两侧火山岩原岩的 S_0 和 S_1 产状呈现出不协调。式可布台矿区剖面(图 3): 组成 4 条剪切中心的绢云母片岩带宽 30~100 m, 50 年代发现的式可布台(新源)富铁矿及伴生的铜矿点就赋存于其中。动力变质岩带中火山沉积碧玉岩层与赤铁矿层呈互层状产出, 经韧性剪切形成微型不等厚相似褶皱, 轴面均北倾。此外还可观察到赤铁矿层中碧玉条带被韧性剪断后形成的压力影构造, 两者均显示了由北向南的构造运动方向。该带脆性断裂并不发育, 绢云母片岩与未变质火山岩系之间并无明显脆性构造分界, 表现为韧—脆变形层次的过渡, 同时地表褐铁矿化蚀变也不太明显。构造面理产状为 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}/35^{\circ}\sim 60^{\circ}$, 局部地段变化较大, 倾角达 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 。变质岩石多呈变余岩屑晶屑凝灰结构, 长石晶屑约占 15%~20%, 流纹质火山岩屑约占 5%; 基质为显微鳞片自形变晶结构; 动力变质作用过程中重结晶形成的细鳞片状绢云母和绿泥石均定向排列, 形

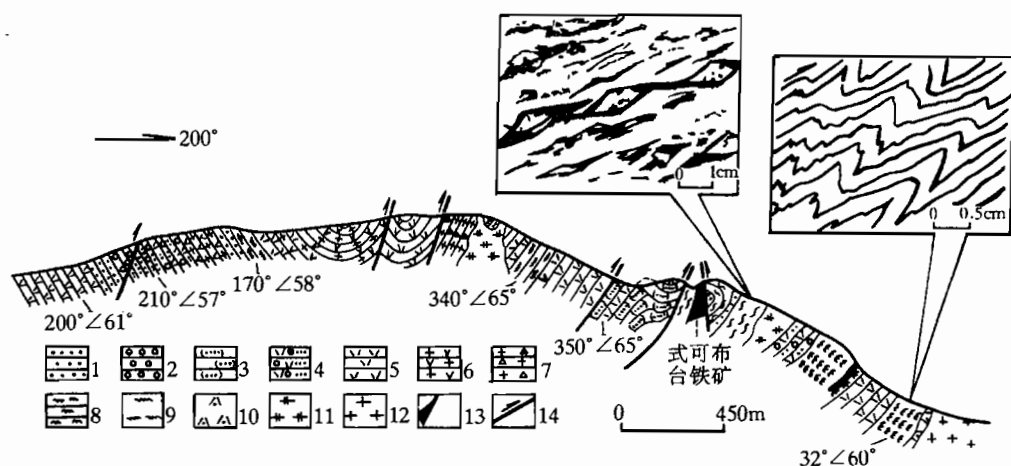


图3 式可布台铁矿主矿段地质构造剖面图

Fig. 3 Geological structural section across main ore-body of Shikebutai iron ore deposits

1—粉砂岩、砂岩;2—砾岩;3—变质砂岩;4—凝灰质砂砾岩;5—凝灰岩;6—英安岩;7—安山质火山角砾岩;8—绢云母板岩;9—绢云母片岩;10—霏细岩;11—石英钠长岩;12—斜长花岗岩;13—铁矿体;14—脆性断裂

1—Siltstone, sandstone; 2—conglomerate; 3—meta-sandstone; 4—tuffaceous sandy conglomerate; 5—tuff; 6—dacite; 7—andesite breccia; 8—sericite slate; 9—sericite schist; 10—eurite; 11—quartz albitite; 12—plagiogranite; 13—iron deposits; 14—brittle fault

成片状构造,矿物片径0.01~0.05 mm;在矿体和围岩中还常见到变余凝灰结构、变余泥质结构等。石英普遍具波状消光、长石晶屑有破裂弯曲、凝灰质多绢云母化、二氧化硅胶体均已重结晶为亚颗粒发育的细粒石英,这表明原始沉积矿物经历了构造应力作用的动力变质。

上述变质变形岩系延伸近百千米,宽仅1 km左右,变质矿物的延长方向均平行于构造面理,它们又平行于两侧边界断层的走向,显示出与该构造带的形成有密切的成因联系,因此其成因很可能与动力变质作用有关。

2 动力变质变形的时代

2.1 绢云母片岩的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代

这套动力变质岩系的形成时代,资料甚少。笔者在玉希莫勒盖达坂公路隧道附近采取的细鳞片状集合体绢云母样品,由中国科学院地质研究所 Ar-Ar 定年实验室桑海清进行 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学测定,照射参数 $J=0.01038$,测定仪器为英国 RCA-10 气体质谱仪($\lambda=5.543\text{E}^{-10}/\text{a}$)。从测定的坪谱图(图4,表1)可见,放射成因氩析出温度区间为460~1450℃,其中第8阶段析出的 Ar 较少,给出的视年龄值不具地质意义;860~1300℃区间 Ar 析出达84.98%,坪年龄为 $220.6\pm 3.4\text{ Ma}$,等时年龄为 $220.7\pm 6.6\text{ Ma}$ 。该样品的均一“主坪”揭示其受后期改造不是很强烈,绢云母形成以后基本保持了较理想的 K-Ar 同位素封闭体系,因此获得的年龄值可以代表绢云母的冷却年龄。由于采样地段变质作用仅达低绿片岩相,其峰期温度不会高出绢云母封闭温度许多,所以该年龄亦可能接近于变质变形事件的峰期年龄。而在460~780℃中低温区间,Ar 析出量总计达13.78%,分别给出了 $127.2\pm 4.8\text{ Ma}$ 、 $158.6\pm 3.4\text{ Ma}$ 、 $180.9\pm 3.6\text{ Ma}$ 等较为接近的视年龄值,是否揭示出后期热扰动事件的存在,还有待进一步的研究。

2.2 脆性构造叠加及时代探讨

表1 玉希莫勒盖达坂绢云石英片岩中绢云母 ^{40}Ar - ^{39}Ar 快中子活化法定年数据Table 1 ^{40}Ar - ^{39}Ar dating data of sericites from sericite-quartz schists in Yuximolegai Daban

加热阶段	加热温度(°C)	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$^{39}\text{Ar}_{\text{k}}$ ($\times 10^{-12}\text{mol}$)	$(^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}_{\text{k}})$ $\pm 1\sigma$	$^{39}\text{Ar}_{\text{k}}$ (%)	视年龄 $t \pm 1\sigma(\text{Ma})$
1	460	14.8	0.0238	0.5147	0.0635	0.56	7.04 ± 0.05	1.78	127.2 ± 4.8
2	640	10.421	0.0053	0.1337	0.0284	1.54	8.85 ± 0.03	4.87	158.6 ± 3.4
3	780	11.059	0.0029	0.0982	0.0205	2.25	10.16 ± 0.04	7.13	180.9 ± 3.6
4	860	13.043	0.0019	0.0691	0.0174	5.92	12.43 ± 0.04	18.8	218.9 ± 4.1
5	1000	12.903	0.00096	0.0525	0.0091	9.97	12.59 ± 0.04	31.6	221.6 ± 4.4
6	1150	12.786	0.0014	0.2968	0.0155	9.03	12.36 ± 0.04	28.5	217.8 ± 4.0
7	1300	15.392	0.0078	0.8646	0.0373	1.92	13.13 ± 0.05	6.08	230.5 ± 6.5
8	1450	57.252	0.0802	1.7261	0.0687	0.38	33.81 ± 0.18	1.23	542.7 ± 21.3

注: 4~7 阶段数据为与 t_p 对应的等时年龄。

式可布台—玉希莫勒盖达坂段脆性断裂构造亦较发育,由西向东规模逐渐增大,但多数脆性应变都是在早期韧性变形基础上继承性发展演化而来的,断裂构造往往叠加在绢云母片岩中,两侧出现密集的破劈理及次级滑动带,影响宽度多在 100 m 左右。对于脆性构造叠加的时限,目前尚未见

专门探讨。从区域内新构造运动研究来看,该带的脆性变形,很可能始于侏罗纪并持续到现代。相关的证据包括玉希莫勒盖达坂南北两侧都有侏罗纪含煤断陷盆地发育,沿断陷盆地延伸方向上目前还确定了一系列第四纪仍在活动的断层;式可布台以北的乌拉斯台地区

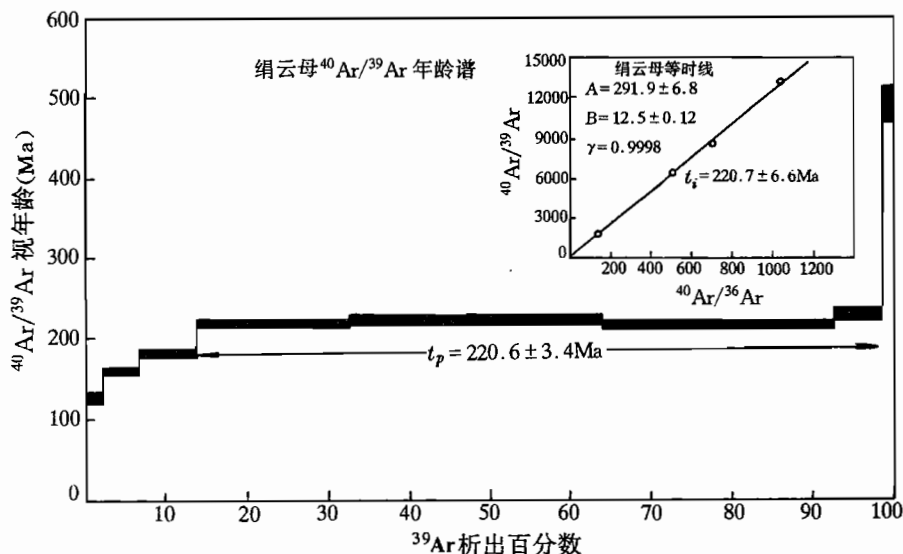


图4 玉希莫勒盖达坂绢云石英片岩的绢云母

 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄坪谱及等时线(右上小图)Fig. 4 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plateau age and isochron of sericites from sericite-quartz schists in Yuximolegai Daban

1812 年还有 8 级地震发生,震源深度约 21 km^[5];此外断裂附近还有许多温泉发育,形成地热异常带。作者对独库公路巩乃斯河—喀什河段测量了 38 组断层擦痕数据,经过电算重塑了该区的脆性变形应力场,结果表现出 3 期构造应力场的变化,应力方向和倾角分别为:① σ_1 112.7°/28.8°;② σ_1 239°/25.7°;③ σ_1 128.9°/46.1°,代表了侏罗纪以来的构造应力特征。

3 天山后碰撞阶段构造演化的信息

新疆北部在早石炭世末已不存在具分隔岩石圈板块意义的洋盆,早二叠世末就已经进入

了后碰撞地壳演化阶段^[6]:①早二叠世未见塔里木区与准噶尔区植物混生,安加拉植物群在晚二叠世中晚期南移至塔里木北缘。②天山地区非火山陆相粗碎屑沉积主要在晚二叠世。

目前由于各种因素,论述天山后碰撞地质过程的文献很少。本项研究所获成果,在证明了所谓“坎苏组”地层包括了三叠纪晚期区域性挤压构造形成的动力变质带外,还揭示出天山山脉后碰撞地壳演化的重要新信息:220 Ma 时所测绢云母还处于 300℃左右的温度条件下,如果按照静岩条件计算,当时埋深可达 10 km 以上,若考虑到构造超压的作用,其埋藏深度至少也有数千米,即在晚三叠世时式可布台—玉希莫勒盖成矿带的动力变质岩尚未出露地表。

基于上述认识,我们推测天山山脉在后碰撞地壳演化阶段经历了晚三叠世的一期重要构造热事件,而在晚三叠世以来该区地壳有大规模的差异性抬升,幅度可能达数千米。

参 考 文 献

- 1 王广瑞.中国新疆北部及邻区构造—建造说明书.武汉:中国地质大学出版社,1996.
- 2 肖序常,汤耀庆等.新疆北部及邻区大地构造.北京:地质出版社,1992.
- 3 陈哲夫.新疆维吾尔自治区地质图(1:200万).北京:地质出版社,1985.
- 4 新疆维吾尔自治区地质矿产局.新疆维吾尔自治区区域地质志.北京:地质出版社,1993.
- 5 新疆维吾尔自治区地震局.中国新疆维吾尔自治区地震构造图.成都:成都地图出版社,1997.
- 6 王宝瑜,郎志君,李向东,屈迅等.中国天山西段地质剖面综合研究.北京:科学出版社,1994.

New Information of Post-Collisional Evolution of the Tianshan Mountains

—Evidence from Dynamic Metamorphic Rocks from the Middle Sector of Awulale Range

Li Xiangdong, Wang Qingming

(Institute of Geology and Mineral Resources, Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Urumqi, 830000)

Wang Kezhao

(No. 1 Surveying Team of Regional Geology, Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Urumqi, 830011)

Abstract

The Awulale metallogenic belt in the Tianshan Mountains of China is located in the Carboniferous—Permian rift. The Shikebutai iron deposits and some copper mineral occurrences in low-grade metamorphic rocks have been found in the middle segment of the belt. Based on recent investigations the metamorphic rocks are determined in the paper to be part of a dynamic metamorphic belt which originated from regionally compressional processes. The $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plateau age of 220.6 ± 3.4 Ma and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ isochron age of 220.7 ± 6.6 Ma yielded from sericites in the mica schists indicate the occurrence of the Late Triassic tecto-thermal event in the post-collisional evolution of the Tianshan Mountains.

Key words: Late Triassic event; $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age; dynamic metamorphic belt; Tianshan Mountains

作 者 简 介

李向东,男,1964年生。1982年毕业于成都地质学院,主要从事区域地质和构造地质研究,现任新疆地质矿产勘查开发局地质矿产研究所高级工程师。通讯地址:830000,乌鲁木齐市友好北路16号。