

# 藏北羌塘中部高压变质带中石榴子石白云母片岩的岩石学和变质特征

董永胜, 张修政, 施建荣, 王生云

DONG Yong-sheng, ZHANG Xiu-zheng, SHI Jian-rong, WANG Sheng-yun

吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061

College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China

**摘要:**羌塘中部的高压变质带位于龙木错-双湖-澜沧江板块缝合带之上,由榴辉岩、蓝片岩和石榴子石白云母片岩组成,其形成过程对探讨板块缝合带的构造演化具有重要意义。以其中的石榴子石白云母片岩为研究对象,通过岩相学研究并结合电子探针成分分析,认为石榴子石白云母片岩中的石榴子石具有多期次变质结晶的特征,保留了岩石多期次变质的信息。结合岩石组构特征,最终确定石榴子石白云母片岩至少经历了3期次的变质作用。第一、二期均为绿片岩相,当时岩石不具定向构造且未达到高压;第三期为低温高压蓝片岩相变质作用,与区域上蓝片岩的形成及榴辉岩的蓝片岩相退变质作用大体同时,该期变质作用形成了岩石的片理,最终成为石榴子石白云母片岩,变质作用时代为217Ma左右。

**关键词:**石榴子石白云母片岩;变质作用;高压变质带;羌塘中部

**中图分类号:**P588.34<sup>4</sup> **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2009)09-1201-06

**Dong Y S, Zhang X Z, Shi J R, Wang S Y. Petrology and metamorphism of garnet-muscovite schist from high pressure metamorphic belt in central Qiangtang, northern Tibet, China. *Geological Bulletin of China*, 2009, 28(9):1201-1206**

**Abstract:** The central Qiangtang high pressure metamorphic belt, consisting of eclogite, glaucophane schist and garnet-muscovite schist, is located in Longmucuo-Shuanghu-Lancangjiang plate suture zone. It's forming process has great significance for discussion on tectonic evolution of the plate suture zone. In this paper, the garnet-muscovite schist is taken as the research object. According to the study on its petrography and electronic microprobe analysis, it is proved that the garnet in garnet-muscovite schist, showing multi-stages metamorphism, saw multi-stages metamorphic crystallization. Data above, together with petrofabric characteristics, at least three metamorphic stages of garnet-muscovite schist have been distinguished. The first and second phases of metamorphic grade are green-schist facies. The rock has no directional structure, which indicates have not reaching high pressure metamorphic condition. The schistosity and garnet-muscovite schist finally formed in the peak metamorphic stage of glaucophane schist facies (~218Ma). Moreover, accompanying with retro-metamorphism of eclogite to glaucophane schist facies, the regional glaucophane schist formed.

**Key words:** garnet-muscovite schist; metamorphism; high pressure metamorphic belt; central Qiangtang

羌塘高压变质带位于羌塘中部,大地构造位置处于龙木错-双湖板块缝合带之上(图1),是冈瓦纳和欧亚大陆的结合部位,也是青藏高原地质研究的关键地区。缝合带以南的羌南-保山板块为冈瓦纳大陆北缘的一个次级构造单元,以北的羌北-

昌都板块为欧亚大陆的一部分<sup>[1-13]</sup>,但也存在不同的观点<sup>[14-18]</sup>。

羌塘中部的高压变质带主要由榴辉岩、石榴子石白云母片岩和蓝片岩等组成。研究区(图1中榴辉岩出露的地区)主要出露榴辉岩和石榴子石白云母片

收稿日期:2009-06-05;修订日期:2009-06-23

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:40872146、40672187)与中国地质调查局项目(编号:1212010818115)资助

作者简介:董永胜(1968-),男,副教授,从事岩石学研究。E-mail:dongys@jlu.edu.cn

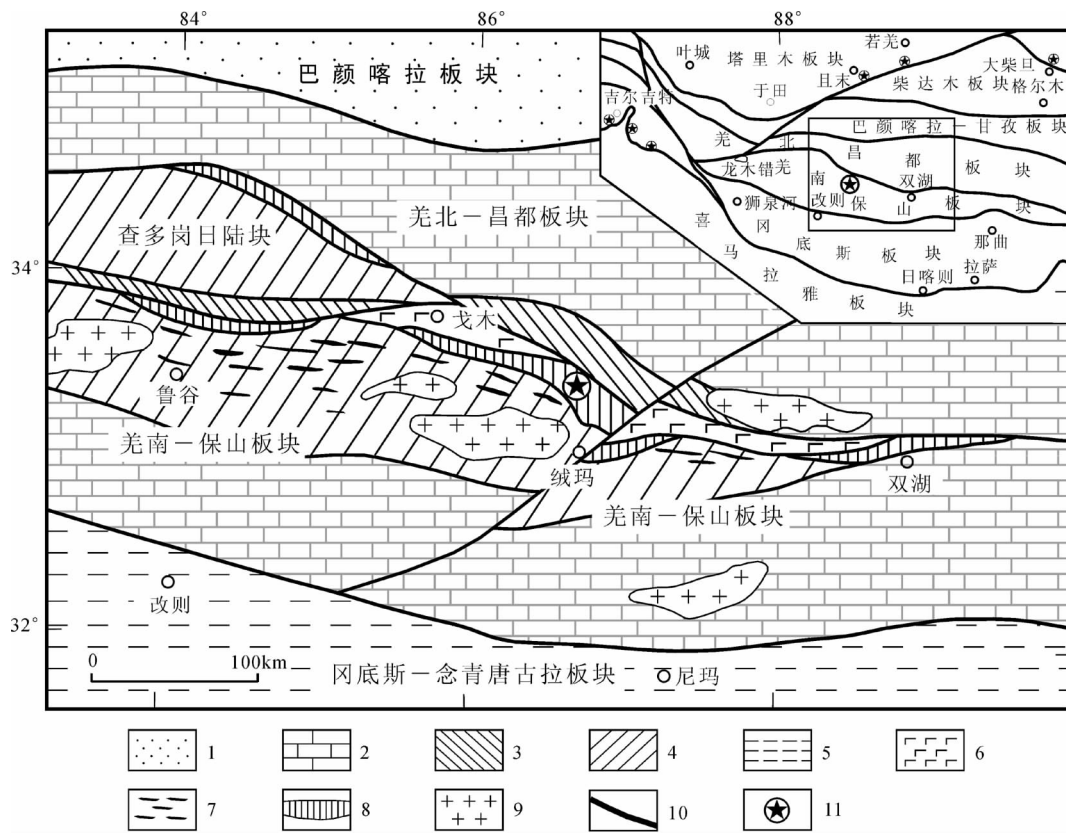


图1 青藏高原板块构造简图及羌塘高压变质带的展布<sup>[2]</sup>

Fig. 1 The sketch map of plate tectonics in Qinghai-Tibet Plateau and the geological map of high pressure metamorphic belt in Qiangtang area

1—复理石沉积岩系;2—中生代沉积;3—扬子型沉积体系;4—冈瓦纳沉积体系;5—冈底斯中生代造山带;6—蛇绿岩/蛇绿混杂岩;7—基性岩墙群;8—高压变质带;9—花岗岩;10—板块缝合带;11—榴辉岩

岩,对于榴辉岩,目前已从岩石学、地球化学、同位素年代学等方面开展了较多的研究工作<sup>[19-23]</sup>。本文以石榴子石白云母片岩为重点研究对象,探讨其岩石学特征和变质变形作用。

### 1 区域地质概况和石榴子石白云母片岩的空间产出特征

研究区位于羌塘中部的戈木乡一带,区内大面积出露晚石炭世—早二叠世展金组,岩性以结晶灰岩、细晶大理岩、变质石英砂岩为主体,夹多层变质玄武岩,为一套遭受低绿片岩相变质作用改造的碎屑岩—碳酸盐岩夹基性火山岩的沉积建造。该套浅变质岩系近东西向展布。早古生代、晚古生代蛇绿岩,由榴辉岩、石榴子石多硅白云母片岩构成的高压变质带和展金组均呈构造接触关系,断裂发育,反映

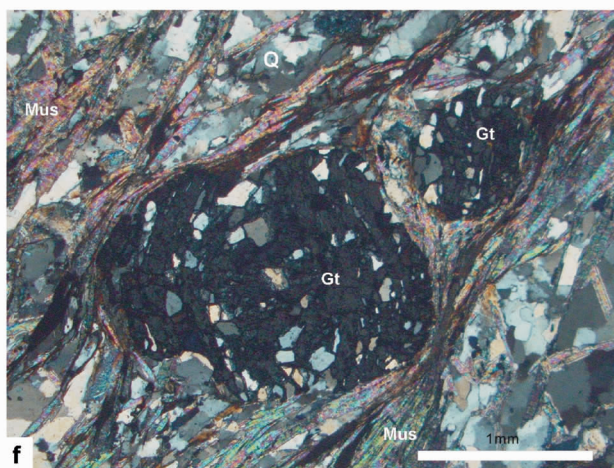
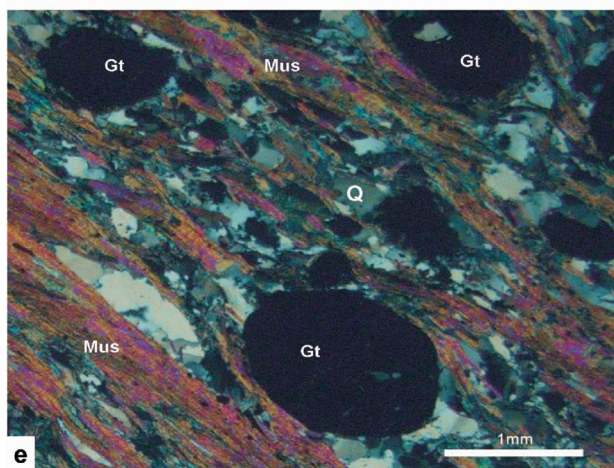
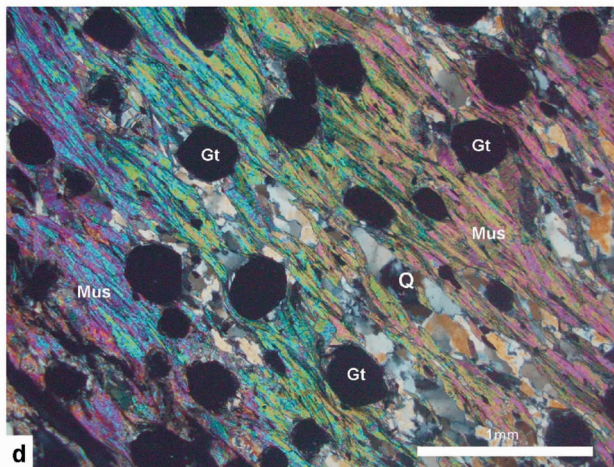
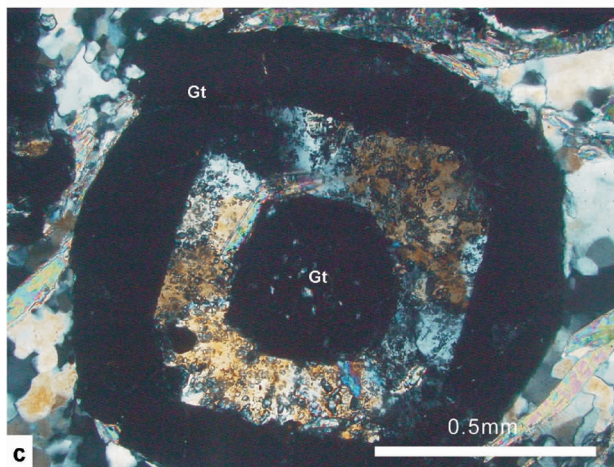
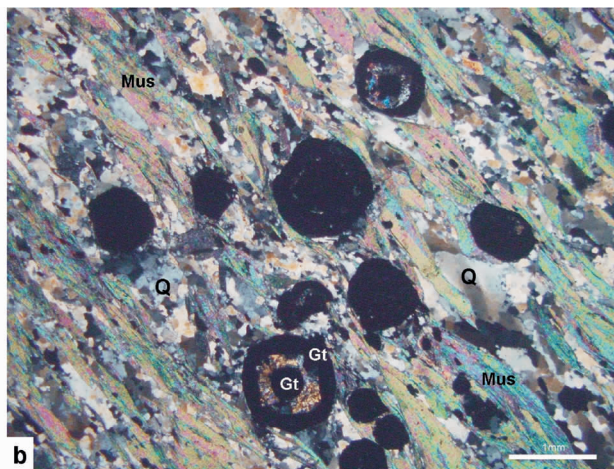
了板块碰撞缝合带的特点。上三叠统望湖岭组角度不整合覆盖于上述各地质单元之上,是板块缝合带闭合隆升之后最早的沉积盖层。

石榴子石白云母片岩是研究区高压变质带的主体岩石类型,其内夹有大小从几厘米到数百米的榴辉岩透镜体(图版 I-a),透镜体长轴方向与石榴子石白云母片岩的片理一致,为近东西向,它们又与近东西走向的展金组浅变质地层以韧性变形带接触,即高压变质带构造侵位于展金组中。通过野外工作,目前厘定的石榴子石白云母片岩出露范围南北宽约 20 km,东西长约 50 km。

### 2 石榴子石白云母片岩的岩石学特征

显微镜下,岩石矿物成分为石榴子石(15%~20%)、白云母(15%~20%)、石英(60%~65%),斑状变

图版 I Plate I



a—石榴子石白云母片岩中夹有榴辉岩透镜体,二者共同构成高压变质带;b—石榴子石白云母片岩中的石榴子石具内核和外环结构;c—具内核和外环的石榴子石,其间的基质不具定向性;d—石榴子石不含包裹体矿物,e—石榴子石中含不定向的石英包裹体,构成包含变晶结构;f—同构造期形成的石榴子石具残缕结构,内外片理相连,具旋转变形的特征  
矿物代号:Gt—石榴子石;Mus—白云母;Q—石英

表 1 石榴子石白云母片中石榴子石和白云母的电子探针成分  
Table 1 Microprobe analyses of garnet and muscovite from the garnet-muscovite schist

样品号 矿物	H04-4		H07-2		P01-14		P01-1		P02-18		P04-15	
	Gt(内核)	Gt(外环)	Mus	Gt(内核)	Gt(外环)	Mus	Gt(r)	Gt(c)	Mus	Gt(r)	Gt(c)	Mus
SiO <sub>2</sub>	37.25	37.66	48.58	37.14	37.53	49.97	37.06	37.81	49.13	37.63	48.16	37.68
TiO <sub>2</sub>	0.04	0.19	0.45	0.04	0.04	0.45	0.03	0.04	0.3	0.12	0.32	0.08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21.39	21.82	31.1	21.43	21.91	29.18	21.92	21.81	31.49	21.51	32.99	21.85
FeO	27.05	34.92	2.34	31.65	35.94	2.16	35.45	34.1	1.26	31.6	1.17	31.86
MnO	10.53	0.71	0.01	7.37	0.28	0	2.09	0.15	0	1.55	0.03	0.62
MgO	1.72	4.65	2.13	1.4	4.23	2.77	2.23	5.6	2.28	1.01	1.47	2.03
CaO	0.22	0.11	0	0.14	0.14	0	0.23	0.06	0	6.96	0.04	7.29
Na <sub>2</sub> O	0.12	0.2	1.1	0.08	0.04	0.84	0.01	0.04	0.97	0	1.02	0.06
K <sub>2</sub> O			9.43			9.92			9.83		9.56	
Total	98.32	100.26	95.17	99.25	100.11	95.29	99.02	99.61	95.26	100.38	94.76	101.47
Si	3.071	2.99	5.885	3.047	2.997	6.045	3.027	3.005	5.916	3.018	5.821	2.967
Ti	0.002	0.011	0.041	0.002	0.002	0.041	0.002	0.002	0.027	0.007	0.029	0.005
Al	2.077	2.04	4.437	2.07	2.06	4.157	2.108	2.041	4.466	2.032	4.696	2.026
Fe	1.865	2.319	0.237	2.171	2.4	0.219	2.421	2.266	0.127	2.119	0.118	2.098
Mn	0.735	0.048	0.001	0.512	0.019	0	0.145	0.01	0	0.105	0.003	0.041
Mg	0.211	0.55	0.385	0.171	0.504	0.5	0.271	0.663	0.409	0.121	0.265	0.238
Ca	0.019	0.009	0	0.012	0.012	0	0.02	0.005	0	0.598	0.005	0.615
Na	0.019	0.031	0.265	0.013	0.006	0.197	0.002	0.006	0.226	0	0.239	0.009
K			1.457			1.531			1.51		1.474	
Alm	65.9	79.25		75.75	81.77		84.74	76.97		72.0		70.12
Prp	7.46	18.80		5.97	17.17		9.49	22.52		4.11		7.95
Grs	0.67	0.31		0.42	0.41		0.7	0.17		20.32		20.55
Spes	25.97	1.64		17.86	0.65		5.07	0.34		3.57		1.37

注:①分析单位为中国地质科学院矿产资源研究所电子探针实验室,仪器型号为JXA-8800;分析条件为加速电压15kV,束流1×10<sup>-8</sup>A,束斑1 μm。②表中石榴子石和白云母阳离子数分别以12和22个氧原子为基础计算。③Alm—铁铝榴石,Prp—钙铝榴石,Grs—钙榴石,Spes—锰铝榴石。④氧化物和矿物含量%

晶结构,变斑晶为石榴子石,粒度通常为 1~2 mm,大多在 1~1.5 mm 之间;基质矿物成分为白云母和石英,细粒鳞片粒状变晶结构或粒状鳞片变晶结构,片状构造。

在不同的样品中石榴子石的岩相学特征(图版 I)和矿物成分(表 1)均有所不同,第一类石榴子石具明显的层圈结构,由内核与外环构成,二者之间为无定向的基质矿物,石榴子石变斑晶被后期片理环绕,两端可见压力影构造(图版 I-b,c),应形成于构造期前;电子探针成分分析表明,其内核和外环成分有明显差别,内核富 Mn,锰铝榴石含量为 17.89%~26%,铁铝榴石含量为 65.85%~75.71%,镁铝榴石为 5.98%~7.48%,钙铝榴石为 0.42%~0.67%;外环 Mn 的含量明显降低,锰铝榴石为 0.65%~1.64%,铁镁含量增加,铁铝榴石含量为 79.2%~81.48%,镁铝榴石为 17.46%~18.82%,钙铝榴石无明显变化。第二类石榴子石所含石英包裹体无定向(图版 I-d)或干净无包裹体(图版 I-e),石榴子石被后期片理环绕,两端可见压力影构造,也应形成于构造期前;从核部到边部,成分特征与第一类石榴子石的外环成分相似,锰铝榴石为 0.34%~5.08%,铁铝榴石为 76.93%~84.7%,镁铝榴石 9.52%~22.56%,钙铝榴石 0.17%~0.7%。第三类石榴子石具残缕结构,基质矿物包裹体(主要是石英)在其内定向排列构成内部片理,与外部片理相连,变斑晶两端可见压力影构造(图版 I-f),应是同构造期的产物;成分特征为锰铝榴石 1.37%~3.58%,铁铝榴石 69.63%~74.49%,与第二类石榴子石相比,镁铝榴石含量降低,为 4.1%~7.95%,钙铝榴石含量则明显增加,为 16.73%~20.96%,该类石榴子石从核部到边部成分变化不太明显。上述不同特征的样品反映它们应是石榴子石白云母片岩不同变质作用阶段的产物。

白云母除少量呈微晶状出现在石榴子石的内核和外环之间外,其余均定向排列构成岩石片理,电子探针所测定的均为片理中的白云母,不同样品中其化学成分大体相似,Si 阳离子数显示其为多硅白云母或接近多硅白云母(表 1)。

### 3 石榴子石白云母片岩的变质作用及时代

根据前述石榴子石白云母片岩的岩相学和矿物成分特征,结合岩石组构特征,可以将其变质作用划分为以下几期:①早期变质作用,石榴子石内核形成

于此时,锰铝榴石分子含量较高,而镁铝榴石、钙铝榴石分子含量低,基质矿物白云母和石英粒度细且不定向,变质程度应属绿片岩相。②第二期变质作用,形成了石榴子石的外环和不含包裹体或包裹体不定向的石榴子石,它们具有相似的化学成分特征,以铁铝榴石为主,锰铝榴石分子含量明显降低,镁铝榴石分子增加,而钙铝榴石含量变化不明显,说明变质作用的温度有所升高,但压力无明显变化,此时白云母和石英形成  $Al_2SiO_5$  多形变体的变质反应还未发生,变质程度可能在绿帘角闪岩相—低角闪岩相之间。③第三期变质作用,形成了岩石的片理和同构造期的石榴子石,石榴子石具残缕结构且内外片理相连,钙铝榴石含量明显增加,但镁铝榴石分子含量降低;白云母具多硅白云母的特征,其坪年龄为 217 Ma 左右<sup>[9]</sup>,与区域上高压变质带中由蓝片岩获得的 220~223 Ma<sup>[15,24]</sup>的变质年龄相似,也与榴辉岩的蓝片岩相退变质作用大体同时<sup>[23]</sup>,应属同期变质作用的产物。第三期变质作用最终形成了研究区的石榴子石白云母片岩,变质条件应为低温高压蓝片岩相。

## 4 结 论

(1)羌塘中部高压变质带中的石榴子石白云母片岩具有多期次变质作用的特征,并在石榴子石变斑晶中保留了较多的岩石形成过程中的变形-变质信息。

(2)石榴子石白云母片岩至少经历了 3 期次的变质作用。第一、二期均为绿片岩相变质作用,且当时岩石不具定向构造,也未达到高压变质条件;第三期为低温高压蓝片岩相变质作用。

(3)石榴子石白云母片岩的最终形成时代为 217Ma 左右,与区域上蓝片岩的形成及榴辉岩的蓝片岩相退变质作用大体同时。

致谢:论文编写过程中与卢良兆教授、陈曼云教授进行了有益的讨论,电子探针测试由中国地质科学院矿产资源研究所陈振宇完成,在此一并致以诚挚的谢意。

## 参考文献

- [1]李才,龙木错—双湖—澜沧江板块缝合带与石炭二叠纪冈瓦纳北界[J].长春地质学院学报,1987,17(2):155-166.
- [2]李才,程立人,胡克,等.西藏龙木错—双湖古特提斯缝合带研究[M].北京:地质出版社,1995:1-131.

- [3]李才,翟庆国,程立人,等.青藏高原羌塘地区几个关键地质问题的思考[J].地质通报,2005,24(4):295-301.
- [4]李才,黄小鹏,翟庆国,等.龙木错-双湖-吉塘板块缝合带与青藏高原冈瓦纳北界[J].地学前缘,2006,13(4):136-147.
- [5]李才,翟庆国,董永胜,等.青藏高原龙木错-双湖板块缝合带与羌塘古特提斯洋演化记录[J].地质通报,2007,26(1):13-21.
- [6]李才,翟庆国,陈文,等.青藏高原龙木错-双湖板块缝合带闭合的年代学证据——来自果干加年山蛇绿岩与流纹岩 Ar-Ar 和 SHRIMP 年龄制约[J].岩石学报,2007,23(5):911-918.
- [7]翟庆国,李才.藏北羌塘菊花山那底岗日组火山岩锆石 SHRIMP 定年及其意义[J].地质学报,2007,42(6):795-800.
- [8]翟庆国,李才,黄小鹏.西藏羌塘中部古特提斯洋残片?——来自果干加年山变质基性岩地球化学证据[J].中国科学(D辑),2007,37(7):866-872.
- [9]黄志勋,马召军,刘协章.用现代地层学方法判断冈瓦纳大陆的北界[J].沉积与特提斯地质,2000,20(4):1-19.
- [10]边千韬,郑祥身.青海可可西里地区构造特征与构造演化[C]//徐贵志,常承法.大陆岩石圈构造与资源.北京:海洋出版社,1992:19-32.
- [11]常承法.特提斯及青藏碰撞造山带的演化特点[C]//徐贵志,常承法.大陆岩石圈构造与资源.北京:海洋出版社,1992:1-8.
- [12]刘本培,冯庆来,Chonglakmani C,等.滇西古特提斯多岛洋的结构及其南北延伸[J].地学前缘,2002,9(3):161-170.
- [13]任纪舜.中国及邻区大地构造图[M].北京:地质出版社,1997.
- [14]潘桂棠,李兴振,王立全,等.青藏高原及邻区大地构造单元初步划分[J].地质通报,2002,21(11):701-707.
- [15]Kapp P, Yin An, Craig E, et al. Tectonic evolution of the early Mesozoic blueschist-bearing Qiangtang metamorphic belt, central Tibet[J]. Tectonics, 2003, 22(4): 1043, doi:10.1029.
- [16]成都地质矿产研究所.青藏高原及邻区地质图说明书[M].成都:成都地图出版社,2004.
- [17]邓万明,尹集祥,冯中平.羌塘茶布一双湖地区基性超基性岩、火山岩研究[J].中国科学(D辑),1996,26(4):296-301.
- [18]邓万明.青藏古特提斯蛇绿岩带与“冈瓦纳古陆北界”[C]//张旗.蛇绿岩与地球动力学研究.北京:地质出版社,1996:172-176.
- [19]李才,翟庆国,董永胜,等.青藏高原羌塘中部发现榴辉岩及其意义[J].科学通报,2006,51(1):70-74.
- [20]李才,翟庆国,陈文,等.青藏高原羌塘中部榴辉岩 Ar-Ar 定年[J].岩石学报,2006,22(12):2843-2849.
- [21]翟庆国,李才,董永胜,等.西藏羌塘中部榴辉岩同位素年代学、地球化学特征及其意义[J].岩石学报,2009,25(9):2281-2288.
- [22]李才,董永胜,翟庆国,等.青藏高原羌塘高压变质带及其构造意义[J].地质通报,2008,27(1):27-35.
- [23]董永胜,李才,施建荣,等.羌塘中部高压变质带的退变质作用及其构造侵位[J].岩石学报,2009,25(9):2303-2309.
- [24]Li C. The  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age and its significance of the crossite from the blueschist in the Mid-Qiangtang area, Tibet[J]. Chinese Science Bulletin, 1997, 42(1): 88.