

文章编号 10258-7106 (2007) 05-0557-06

川西北雪宝顶钨锡铍矿床的成矿年代及其构造示踪意义*

李建康^{1,2}, 刘善宝¹, 王登红¹, 付小方³

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 中国地质科学院成矿作用与资源评价重点实验室, 北京 100037; 3 四川省地质调查院, 四川 成都 610081)

摘 要 研究表明, 川西北雪宝顶矿床的白云母⁴⁰Ar/³⁹Ar 坪年龄为(189.9 ± 1.8)Ma, 说明雪宝顶矿床形成于印支晚期—燕山早期, 是三叠纪华北板块与扬子板块碰撞的产物。文章通过雪宝顶矿床与甲基卡、可尔因和丹巴等伟晶岩型矿床的时空位置对比, 并依据伟晶岩对大陆活动的示踪作用, 推测中生代松潘-甘孜造山带的演化过程为: 华北陆块、羌塘-昌都陆块分别与扬子陆块碰撞后, 构造应力自北向南、自西向东逐步向松潘-甘孜地块的中心传递, 雪宝顶、甲基卡、可尔因地区相继进入相对稳定发展阶段, 构造应力最后在丹巴地区汇聚, 形成丹巴白云母矿床。

关键词 地球化学; ⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年; 伟晶岩; 成矿年代; 雪宝顶

中图分类号 : P618. 67; P618. 44; P618. 72

文献标识码 : A

Metallogenic epoch of Xuebaoding W-Sn-Be deposit in northwest Sichuan and its tectonic tracing significance

LI JianKang^{1,2}, LIU BaoShan¹, WANG DengHong¹ and FU XiaoFang²

(1 Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2 Key Laboratory of Mineralization and Resource Assessment, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;

3 Sichuan Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract

The Xuebaoding W-Sn-Be deposit is located in the Motianling tectonic zone of Songpan-Ganzi orogenic belt. The muscovites dated were sampled from scheelite veins. The ⁴⁰Ar/³⁹Ar plateau age of muscovites is (189.9 ± 1.8) Ma, which shows that the Xuebaoding deposit was formed in Late Indosinian and Early Yanshanian periods. Thus, the Xuebaoding deposit and some gold deposits in the Qinling orogenic belt might have resulted from the collision of the North China Block and the Yangtze Block. In Songpan-Ganzi orogenic belt, besides the Xuebaoding deposit, there exist some pegmatite type deposits, such as the Jiajika rare metal deposit, the Ke'eryin rare metal deposit and the Danba muscovite deposit. On such a basis, the evolution of the Songpan-Ganzi orogenic belt in Mesozoic can be described as follows: in the late stage of Indosinian epoch, the North China Block and the Qiangtang-Changdu Block collided with the Yangtze Block respectively, and tectonic stress was transferred from border to interior gradually in the NS and WE directions. Under such a tectonic background, Xue-

* 本研究得到国家自然科学基金项目“我国西南主要伟晶岩对大陆演化的示踪”(40202012)、国家科技支撑项目“我国西部重要成矿区带矿产资源潜力评估”(2006BAB01A01)及地质调查项目“全国重要矿产和区域成矿规律研究”(1212010733803)和“中国成矿体系综合研究”(121010535804)的联合资助

第一作者简介 李建康,男,1976年生,博士,助理研究员,从事矿床地质的研究。E-mail: li9968@126.com

收稿日期 2006-12-30; 改回日期 2007-04-16。张绮玲、李德先编辑。

baoding area, Jiajika area, Ke'eryin area, and Danba area entered into the phase of stabilization one after another and, finally, the stress was converged in Danba area.

Key words: geochemistry, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ method of dating, pegmatite, metallogenic epoch, Xuebaoding

雪宝顶伟晶岩型矿床位于松潘-甘孜造山带北部(图 1),北部毗邻秦岭造山带,形成于较稳定、较封闭的构造环境中(王登红等,2004),代表了松潘-甘孜造山带造山过程的稳定阶段,因而对松潘-甘孜造山带的演化具有示踪作用。本研究通过对雪宝顶矿床伟晶岩矿脉中的白云母 $\text{Ar}-\text{Ar}$ 法定年,确定了雪宝顶矿床的成矿年代,据此分析雪宝顶矿床从属的板块碰撞事件。通过对雪宝顶矿床与造山带西南部和中部的甲基卡、可尔因和丹巴等伟晶岩型矿床的系统对比(王登红等,2005;李健康等,2006a;2006b),分析各矿床的时空位置差异,最终示踪出造

山带的造山过程。

1 地质概况

雪宝顶伟晶岩型钨锡铍矿床位于摩天岭东西向复杂构造带磨子坪-上纳米复式向斜核部的次级构造——紫柏杉穹隆构造中。区内主要出露上三叠统侏倭组板岩、片岩及大理岩,是雪宝顶地区伟晶岩型钨锡铍矿体的主要围岩(图 2)。白云母斜长花岗岩岩群明显受控于穹隆构造的核部,并侵入到三叠系中,其中的单个岩体规模较小(最大的盘口岩体东

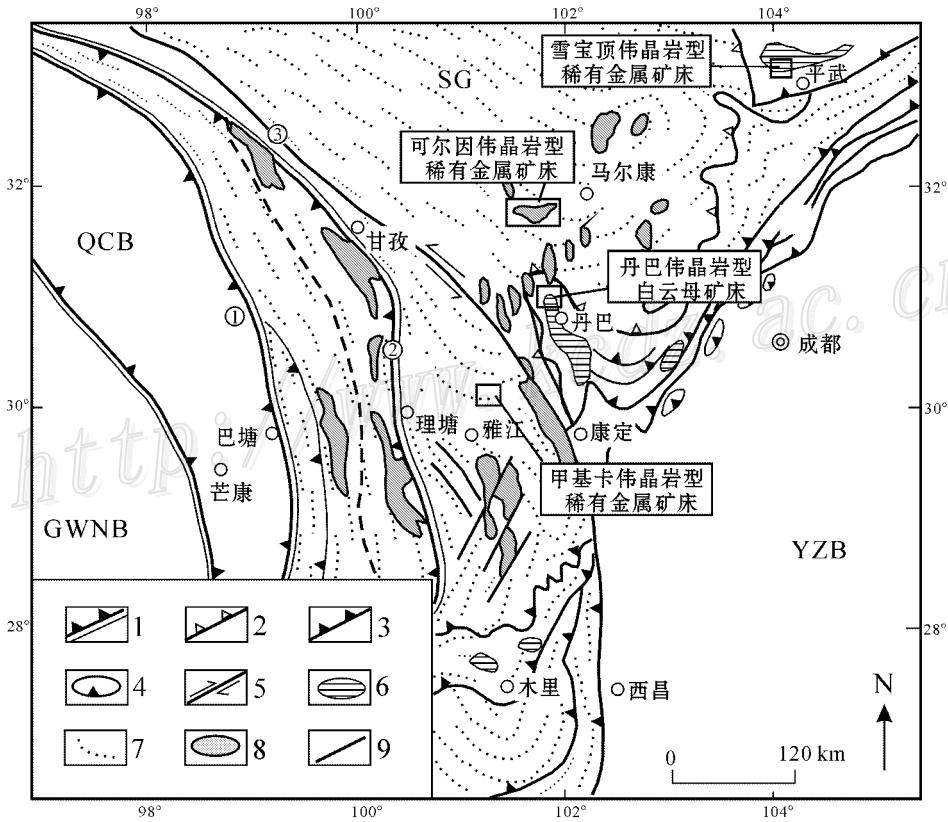


图 1 松潘-甘孜造山带构造图(底图据许志琴等,1992)

1—蛇绿混杂岩带 2—滑脱带 3—逆冲断层 4—飞来峰 5—平移断层 6—深层高温韧性滑脱剪切带出露范围 7—褶皱轴线 8—中生代花岗岩 9—断层;YZB—扬子板块;QCB—羌塘-昌都板块;GWNB—冈瓦纳大陆;SG—松潘-甘孜造山带 ①金沙江蛇绿混杂岩带 ②甘孜-理塘蛇绿混杂岩带 ③鲜水河韧性平移剪切带

Fig. 1 Tectonic map of Songpan-Ganzi orogenic zone(after Xu et al., 1992)

1—Ophiolitic mélange zone; 2—Decollement belt; 3—Reverse thrust; 4—Detached block; 5—Displacement fault; 6—Emergence of deep-seated ductile decollement shear zone; 7—Axis of fold; 8—Mesozoic granite; 9—Fault; YZB—Yangtze Block; QCB—Qiangtang-Changdu Block; GWNB—Gondwana Block; SG—Songpan-Ganzi orogenic zone ①Jinshajiang ophiolitic mélange zone; ②Ganzi-Litang ophiolitic mélange zone; ③Xianshui River ductile displacement shear zone

西宽 550 m,南北长约 600 m),但分枝颇多。岩体普遍含有锡石、白钨矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉钼矿和黄铁矿等多种金属矿物,具有潜在的含矿性。研究表明(曹志敏等 2002),岩体与含矿伟晶岩脉具有密切的成因关联,围岩中的节理、裂隙为成矿热液提供了良好的通道和沉淀场所。

矿体呈伟晶岩矿脉成群产于穹窿构造的东侧、盘口花岗岩体与蒲口花岗岩体之间的地层中,矿脉围岩为侏倭组板岩、片岩及大理岩(图 2)。伟晶岩矿脉的矿物成分,金属矿物以白钨矿为主,次有锡石及少量金属硫化物;脉石矿物以石英为主,次为白云母、萤石、长石和绿柱石。伟晶岩矿脉具有一定的分带性,白钨矿、萤石和绿柱石主要生长在矿脉的边缘,内部以石英、长石为主。白钨矿为白色、浅黄色,常呈四方双锥结晶,个别结晶单体可重达 1kg,有些白钨矿以半自形团块状出现。绿柱石为白色、浅绿色短六方柱晶体,单晶可重达 1 kg,少数晶体透明。萤石为浅绿色八面体、立方体晶体,或呈不规

则团块状。白云母则呈大片叠层集合体分布在矿脉之中。

2 ⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年结果

本研究所测试的白云母样品采于盘口花岗岩体与蒲口花岗岩体之间的伟晶岩矿脉中(图 2,主采区中),白云母呈大片叠层状集合体,纯净、无杂物,与石英、白钨矿、绿柱石等矿物共生。样品经中国原子能研究院在 49-2 核反应堆进行中子照射,氩同位素质谱分析在中国地质科学院地质研究所开放研究实验室 MM-1200B 气体质谱计上完成,技术方法参考 Chen 等(2002)文献。分析结果列入表 1,并作坪年龄谱图和等时线图(图 3)。

由表 1 和图 3 可知,雪宝顶矿区的白云母在 1 150~1 400℃ 区间析出的 ³⁹Ar 约占总量的 85.64%,该区间内各加热阶段给出的年龄变化在 186.2~191.0 Ma 之间,表现出稳定的年龄谱图,坪年龄为(189.9±1.8)Ma,等时线年龄为(189.9±4.8)Ma,⁴⁰Ar/³⁶Ar 初始值为 303±50,与现代大气氩的⁴⁰Ar/³⁶Ar 比值(296)非常接近。这些数据表明,矿区的白云母自结晶形成以后,对⁴⁰Ar-³⁹Ar 体系保持封闭,没有受到后期热事件的影响,不存在过剩氩,因此,定年结果是可靠的。

3 讨论与结论

3.1 雪宝顶矿床的成矿年代

雪宝顶黑云母花岗岩体位于矿区外围雪宝顶主峰附近(不在图 1 范围内),其黑云母 K-Ar 法同位素年龄值为 244 Ma^①,说明区域岩浆活动主要发生在印支期。曹志敏等(2002)测得雪宝顶矿区伟晶岩矿脉中的石英⁴⁰Ar/³⁹Ar 坪年龄为(191.8±0.7)Ma,与本研究中白云母的测年结果[坪年龄(189.9±1.8 Ma)]相近,由此可以断定雪宝顶矿床形成于燕山早期。

3.2 雪宝顶矿床的成矿属性

雪宝顶矿床处于松潘-甘孜造山带北部的摩天岭构造带,隶属于扬子板块西缘。在该构造单元的北部及其毗邻的秦岭造山带,存在大量形成于燕山

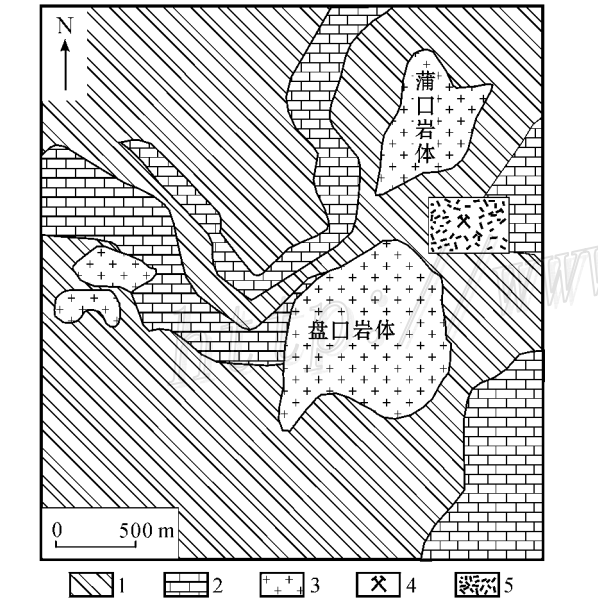


图 2 雪宝顶 W-Sn-Be 矿区地质图(曹志敏等 2002)
1—三叠系侏倭组板岩、片岩夹大理岩透镜体 2—三叠系侏倭组大理岩 3—白云母斜长花岗岩 4—矿脉产出地段 5—主采区

Fig. 2 Geological map of Xuebaoding W-Sn-Be deposit
(after Cao et al., 2002)
1—Slate and schist in Zhuwo Group of Triassic; 2—Marble in Zhuwo Group of Triassic; 3—Muscovite granite 4—Area bearing ore vein; 5—Main mining area

① 四川省地质局. 1975. 1:20 万区域地质调查报告·松潘幅.

表 1 雪宝顶矿床伟晶岩脉中白云母⁴⁰Ar/³⁹Ar 分阶段加热数据
Table 1 ⁴⁰Ar/³⁹Ar step-heating data of muscovite from Xuebaoding deposit

$\theta/^{\circ}\text{C}$	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	F^*	$^{39}\text{Ar}/(\times 10^{-14}\text{mol})$	^{39}Ar 积累/%	t/Ma	$\pm 1\sigma/\text{Ma}$
600	55.2162	0.1762	0.1043	0.0653	3.1640	16.38	0.08	65	33
700	38.2905	0.1174	0.0750	0.0582	3.5977	14.60	0.15	74	23
800	36.5542	0.1015	0.0178	0.0375	6.5446	57.72	0.43	131.9	9.2
900	18.5128	0.0371	0.0026	0.0229	7.5459	222.62	1.52	151.3	7.4
1000	17.6862	0.0387	0.0231	0.0261	6.2503	264.10	2.81	126	13
1050	9.3716	0.0135	0.0015	0.0160	5.3736	578.23	5.64	109.0	2.8
1100	9.8435	0.0032	0.0260	0.0175	8.9021	1784.36	14.36	177.1	2.0
1150	9.5098	0.0004	0.0002	0.0132	9.3798	7211.50	50.78	186.2	1.9
1200	9.6054	0.0001	0.0013	0.0134	9.5604	3221.05	66.52	189.6	2.5
1250	9.6564	0.0004	0.0030	0.0126	9.5478	3451.25	83.38	189.3	2.4
1300	9.7416	0.0004	0.0019	0.0128	9.6147	2382.48	95.02	190.6	2.2
1350	9.9123	0.0010	0.0006	0.0140	9.6255	775.47	98.81	190.8	2.0
1400	12.0513	0.0082	0.0024	0.0136	9.6364	242.75	100.00	191.0	2.5

注 表中下标 m 者代表样品中测定的同位素比值,样重 30.19 mg $J=0.006655$ 。 F^* 为放射性成因⁴⁰Ar 与³⁹Ar 的比值,单位为 1。

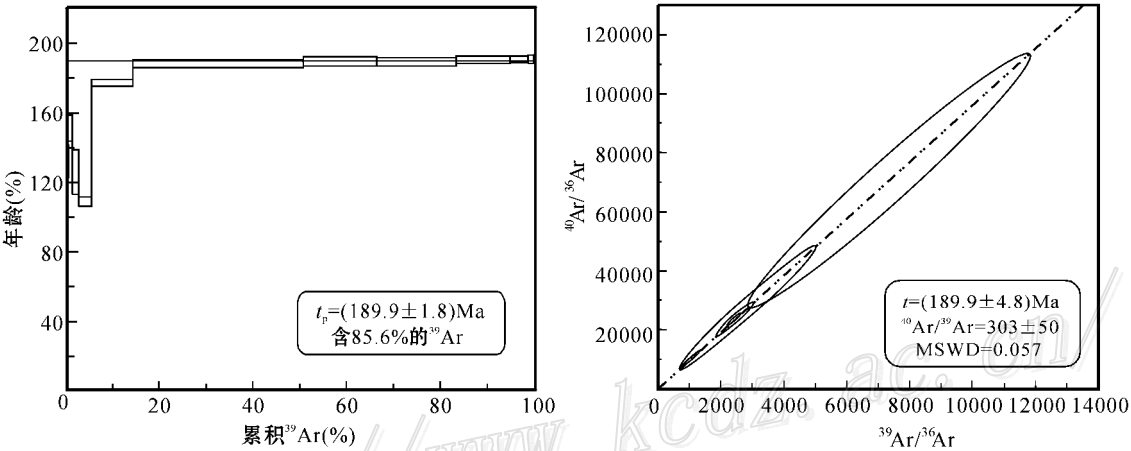


图 3 雪宝顶矿区伟晶岩脉白云母的⁴⁰Ar/³⁹Ar 坪年龄谱图(左图)和等时线图(右图)

Fig. 3 ⁴⁰Ar/³⁹Ar plateau age spectra(in left) and isochron age(in right) of muscovite from Xuebaoding deposit

早期(190~170 Ma)的金矿床,其数量约占秦岭巨型金矿带金矿床总数的 25.9%(关连绪等,2006)。这些金矿是三叠纪扬子板块与华北板块发生碰撞事件后,一系列陆内及陆缘成矿作用的产物(李永琴等,2006;邵世才等,2001;张复新等,2004、2000)。雪宝顶矿床与这些金矿床处于同一构造域,且均形成于燕山早期,应同属三叠纪扬子板块与华北板块碰撞事件的产物。因此,雪宝顶矿床是该期碰撞事件在扬子板块的体现,可对应于华北板块 200~160 Ma 的成矿事件(毛景文等,2003)。

3.3 雪宝顶矿床的示踪意义

雪宝顶矿床中的伟晶岩矿脉分带较完整、晶体粗大,表明伟晶岩的形成具备了 2 个条件:构造环境相对封闭和成岩成矿期构造运动不强烈。相对封闭

是形成伟晶岩必不可少的外部环境,只有相对封闭才能使伟晶质岩浆得以保持,其组分得以充分分异演化,而只有构造环境相对稳定才能保持相对封闭,才能保证充分分异演化成矿。

研究表明(王登红等,2004),这种相对封闭和稳定的构造环境主要发生在大陆造山过程的稳定阶段。在造山过程中,剧烈的构造活动、强烈的岩浆喷发使矿区不具备稳定的构造环境,伟晶质岩浆不能在封闭的环境中进行良好的分异,不利于成矿元素的富集。因而,伟晶岩型矿床多形成于造山过程的稳定阶段,这是伟晶岩示踪大陆演化的原理和理论基础(王登红等,2004)。根据该示踪原理,雪宝顶岩体的侵位(244 Ma)和紫柏杉穹隆的形成,说明华北板块与扬子板块碰撞引发的区域构造和岩浆活动处

表 2 松潘-甘孜造山带内伟晶岩矿床的成岩成矿年龄

Table 2 Ore-forming ages of pegmatite type deposits in Songpan-Ganzi orogenic belt

地质体	成岩成矿年代/Ma	测试方法	资料来源
甲基卡 No.104 号伟晶岩	198.88±0.36	Ar-Ar	王登红等(2005)
甲基卡 No.134 号伟晶岩	195.67±0.14	Ar-Ar	王登红等(2005)
甲基卡二云母花岗岩	214.65±1.66	Rb-Sr	唐国凡等(1984) ^①
可尔因党坝锂矿脉	152.34±0.60	Ar-Ar	李建康等(2006b)
可尔因根则岩体中白云母钠长伟晶岩脉	176.25±0.14	Ar-Ar	李建康等(2006b)
丹巴二道桥白云母伟晶岩脉	125.01±0.58	Ar-Ar	李建康等(2006a)
丹巴李家工地白云母伟晶岩脉	114.68±0.32	Ar-Ar	李建康等(2006a)

于活跃期,而伟晶岩矿脉的形成(约 190 Ma)表明区域构造运动已经趋于稳定。

在松潘-甘孜造山带,还存在甲基卡特大型稀有金属矿床、可尔因大型稀有金属矿床和丹巴大型白云母矿床等伟晶岩型矿床。由这些矿床的时空位置(图 1),并依据伟晶岩形成于造山过程稳定阶段的示踪原理,可对中生代松潘-甘孜造山带的演化过程描述如下:在印支期,华北板块、羌塘-昌都板块先后分别与扬子板块发生陆陆碰撞后,构造应力自松潘-甘孜造山带主体外缘由北向南和由西向东向造山带内部传递。南北方向,在 244 Ma 左右,由北向南的构造应力首先使造山带外围的摩天岭地区发生强烈的南北向构造收缩和岩浆活动,并在 190 Ma 左右进入相对稳定的发展阶段,形成雪宝顶矿床;在 202~204 Ma,由北向南的构造应力传递到可尔因地区,使该地区发生大规模的岩浆活动,并在 152 Ma 左右进入相对稳定的发展阶段,形成可尔因矿床。东西方向,在 214 Ma 左右,由西向东的收缩应力达到雅江地区,诱发岩浆活动,在 195 Ma 左右该地区进入相对稳定阶段,形成甲基卡矿床。至燕山早期,由北向南和由西向东的构造应力在丹巴地区汇聚,使区域发生混合岩化及巴罗型变质作用(变质作用高峰期在 180~150 Ma 之间)^①,在燕山中晚期也进入稳定的发展阶段,形成白云母矿床。

References

Chen W, Zhang Y, Ji Q, Wang S S and Zhang J X. 2002. The magmatism and deformation times of the Xidatan rock series, East Kunlun Mountain [J]. Science in China (Series B), 45(Supp.) 20~27.
Cao Z M, Li Y G and Ren J G. 2002. Geologic and geochemical features

of the volatile-rich ore fluid and its tracing and dating in the Xuebaoding beryl-scheelite vein deposit, China [J]. Science in China (Series D), 33(1): 64~72 (in Chinese).
Guan L X, Wang K Q, Huang H, Wang M J and Guan Y. 2006. Continent collision mechanism of gold mineralization and temporal and spatial orientation of gold mineralized zone, Qinling [J]. Geological Review, 52(1): 467~475 (in Chinese with English abstract).
Li J K, Wang D H and Fu X F. 2006a. Metallogenetic epoch and tectonic significance of Danba pegmatite type muscovite deposit in Sichuan [J]. Mineral Deposit, 25(1): 95~100 (in Chinese with English abstract).
Li J K, Wang D H and Fu X F. 2006b. Metallogenetic epoch and tectonic significance of pegmatite type rare metal deposits in Keeryin, western Sichuan [J]. Acta Geologica Sinica, 80(6): 843~848 (in Chinese with English abstract).
Li Y Q, Zhao J Q and Zhao Y Q. 2006. Analysis of gold metallogenetic system in western Qinling [J]. Gansu Geology, 158(1): 47~52 (in Chinese with English abstract).
Mao J W, Zhang Z H, Yu J J, Wang Y T and Niu B G. 2003. Geodynamic settings of Mesozoic large-scale mineralization in North China and adjacent areas--Implication from the highly precise and accurate ages of metal deposits [J]. Science in China (Series D), 33(4): 289~299 (in Chinese).
Shao S C and Wang D B. 2001. ³⁹Ar-⁴⁰Ar dating of the three typical gold deposits and its geological significance in the Southern Qinling region [J]. Acta Geologica Sinica, 75(1): 106~110 (in Chinese with English abstract).
Wang D H, Zou T R, Xu Z G, Yu J J and Fu X F. 2004. Advance in the study of using pegmatite deposits as the tracing of orogenic process [J]. Advances in Earth Science, 19(4): 614~620 (in Chinese with English abstract).
Wang D H, Li J K and Fu X F. 2005. ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating for the Jiajika pegmatite-type rare metal deposit in western Sichuan and its significance [J]. Geochemica, 34(6): 541~547 (in Chinese with English abstract).

① 四川省地质矿产勘查局. 2000. 1:5 万地质调查报告.
② 唐国凡, 吴盛先. 1984. 四川省康定县甲基卡花岗岩伟晶岩锂矿床地质研究报告.

- Xu Z Q, Hou L W, Wang Z X, Fu X F and Hung M H. 1992. The orogenic process of Songpan-Ganzi orogenic zone [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1~190 (in Chinese).
- Zhang F X, Chen Y J, Li C, Zhang J, Ma J Q and Li X. 2000. Features of geologic-geochemistry of Jinlongshan-Qiuling gold deposit and its genesis in Qinling belt: Dynamics on mineralizing process of Carlin type gold deposits of Qinling type [J]. Science in China (Series D), 33(Supp.): 73~81 (in Chinese).
- Zhang F X, Du X H, Wang W T and Qi Y L. 2004. Mineralization responded to Mesozoic geological evolution of the Qinling orogen and its environs [J]. Chinese Journal of Geology, 39(4): 486~495 (in Chinese with English abstract).
- 曹志敏, 李佑国, 任建国. 2002. 雪宝顶绿柱石-白钨矿脉状矿床富挥发分成矿流体特征及其示踪与测年 [J]. 中国科学(D 辑), 32(1): 64~72.
- 关连绪, 王科强, 黄辉, 王美娟, 关妍. 2006. 秦岭大陆碰撞金成矿机制与金矿带时空分布 [J]. 地质论评, 53(1): 467~475.
- 李建康, 王登红, 付小方. 2006a. 四川丹巴伟晶岩型白云母矿床的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 同位素年代学研究 [J]. 矿床地质, 25(1): 95~100.
- 李建康, 王登红, 付小方. 2006b. 川西可尔因伟晶岩型稀有金属矿床的成矿时代及其意义 [J]. 地质学报, 80(6): 843~848.
- 李永琴, 赵建群, 赵彦庆. 2006. 西秦岭金成矿系统分析 [J]. 甘肃地质, 15(1): 47~52.
- 毛景文, 张作衡, 余金杰, 王义天, 牛宝贵. 2003. 华北及临区中生代大规模成矿的地球动力学背景: 从金属矿床年龄精测得到的启示 [J]. 中国科学(D 辑), 33(4): 289~299.
- 邵世才, 汪东波. 2001. 南秦岭三个典型金矿床的 Ar-Ar 年代及其地质意义 [J]. 地质学报, 75(1): 106~110.
- 王登红, 邹天人, 徐志刚, 余金杰, 付小方. 2004. 伟晶岩矿产示踪造山过程的研究进展 [J]. 地球科学进展, 19(4): 614~620.
- 王登红, 李建康, 付小方. 2005. 四川甲基卡伟晶岩型稀有金属矿床的成矿时代及其意义 [J]. 地球化学, 34(6): 541~547.
- 许志琴, 候立玮, 王宗秀, 付小方, 黄明华. 1992. 中国松潘甘孜造山带的造山过程 [M]. 北京: 地质出版社. 1~190.
- 张复新, 陈衍景, 李超, 张静, 马建勤, 李欣. 2000. 金龙岗-丘岭金矿床地质地球化学特征及成因: 秦岭式卡林型金矿成矿动力学机制 [J]. 中国科学(D 辑), 30(增刊): 193~199.
- 张复新, 杜孝华, 王伟涛, 齐亚林. 2004. 秦岭造山带及邻区中生代地质演化与成矿作用响应 [J]. 地质科学, 39(4): 486~495.

附中文参考文献

<http://www.kcdz.ac.cn/>