

# 湖北随州大狼山群片岩中碎屑锆石的 U-Pb 年龄及其意义

李福林<sup>1</sup> 李益龙<sup>1</sup> 周国华<sup>2,3</sup> 徐士元<sup>1</sup> 李祖刚<sup>4,5</sup> 周汉文<sup>1</sup>

- (1. 中国地质大学地球科学学院, 湖北 武汉 430074; 2. 中国地质大学地热开发研究所, 湖北 武汉 430074; 3. 中国地质大学经济管理学院, 湖北 武汉 430074; 4. 湖北随州玉龙生态旅游开发有限公司, 湖北 随州 431300; 5. 湖北随州玉龙集团公司, 湖北 随州 441300)

**摘要:**湖北随州大狼山群片岩样品中锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄结果表明, 锆石属于碎屑锆石, 未受到后期绿片岩相变质作用的明显改造, 锆石年龄代表了其原岩的年龄, 是不同构造-热事件的响应。本区锆石的 U-Pb 年龄多集中在新元古代早中期 (884~758 Ma), 可分为 4 组, 反映南秦岭地区在该时期至少经历了 4 次构造-热事件, 可能与 Rodinia 超大陆的聚合与裂解过程相对应。其中 1 颗锆石还给出了 2 500 Ma 的年龄, 反映在南秦岭地区可能发生过新太古代末期至古元古代早期的构造-热事件。通过地层和锆石年代学的限定, 认为大狼山群的成岩时代应为早震旦世。

**关键词:** LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄, 片岩, 大狼山群, 南秦岭, 湖北随州

中图分类号: P597+.3; P588.34+4

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2010)05-0488-09

## LA-ICP-MS zircon U-Pb dating of schist from the Dalangshan Group in Suizhou City, Hubei Province, and its implications

LI Fu-lin<sup>1</sup>, LI Yi-long<sup>1</sup>, ZHOU Guo-hua<sup>2,3</sup>, XU Shi-yuan<sup>1</sup>, LI Zu-gang<sup>4,5</sup> and ZHOU Han-wen<sup>1</sup>

- (1. Faculty of Earth Science, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. Institute of Geothermal Development, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 3. School of Economics and Management, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 4. Hubei Suizhou Yulong Eco-Tourism Development Co., Ltd., Suizhou 441300, China; 5. Hubei Suizhou Yulong Group Co., Ltd., Suizhou 441300, China)

**Abstract:** Located in the southern margin of South Qinling belt, the Dalangshan Group is a series of volcanic-sedimentary rocks and exposed well in Xinyangdian area of Suizhou City, Hubei Province. To find out the diagenetic age of the Dalangshan Group and provide credible time information on the materials in "Qinling microplate", the authors carried out a detailed fieldwork on Dalangshan Group and collected representative schist samples to study petrography and LA-ICP-MS zircon U-Pb geochronology. The schist mainly consists of quartz (60%~65%), muscovite (30%~35%) and plagioclase (~3%). The cathodoluminescence (CL) images reveal that most zircons from the schist are euhedral with oscillatory internal zoning, but a few grains display no zoning/weak zoning suggesting metamorphic origin. LA-ICP-MS zircon analyses show that 2 in 30 spots of these zircons have relatively high content of Th ( $820 \times 10^{-6}$ ,  $888 \times 10^{-6}$ ) and U ( $1\,024.47 \times 10^{-6}$ ,  $1\,146.97 \times 10^{-6}$ ), but others have low content of Th ( $25 \times 10^{-6} \sim 481 \times 10^{-6}$ ) and U ( $34.60 \times 10^{-6} \sim 752.10 \times 10^{-6}$ ). Except for six points with Th/U ratios ranging from 0.22~0.39, Th/U ratios all range from 0.42 to 1.41.

收稿日期: 2009-12-30; 修订日期: 2010-04-20

作者简介: 李福林 (1987-), 男, 硕士研究生, 矿物岩石及矿床学专业, E-mail: fulinxiangsong@163.com; 通讯作者: 周汉文 (1964-), 男, 教授, 从事变质岩石学研究, E-mail: hwzhou@cug.edu.cn

Most zircon U-Pb ages from the schist are between early and middle Neoproterozoic (884~758 Ma) and could be divided into four groups, indicating that at least four tectono-thermal events occurred in the south Qinling region during this period. The first group of 6 spots yield  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  ages between 758 Ma to 769 Ma with a  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  weighted average age of  $765 \pm 6$  Ma (MSWD=0.31); the second group of 8 spots yield  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  ages between 781 Ma to 802 Ma with a  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  weighted average age of  $791 \pm 6$  Ma (MSWD=1.4), suggesting that both of them may be relevant to the breakup of Rodinia supercontinent. The third group of 9 spots yield  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  ages between 818 Ma to 840 Ma with a  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  weighted average age of  $831 \pm 6$  Ma (MSWD=1.2); the fourth group of 4 spots yield  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  ages between 870 Ma to 884 Ma with a  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  weighted average age of  $879 \pm 9$  Ma (MSWD=0.52), implying that both of them may be relevant to the convergence of Rodinia supercontinent. The scattering of LA-ICP-MS zircon U-Pb ages suggest that the zircons from the schist of Dalangshan Group are detrital zircons and have not been obviously influenced by later greenschist-facies metamorphism. All of the four groups of zircon ages are concentrated in the Neoproterozoic, indicating that the formation of the schist in the Dalangshan Group should not be earlier than Neoproterozoic. A spot with 2 500 Ma age implies a possible tectono-thermal event in the South Qinling region during late Neoproterozoic to early Paleoproterozoic period. The LA-ICP-MS zircon U-Pb ages of schist in combination with the stratigraphy suggest that the Dalangshan Group was formed in early Sinian.

**Key words:** LA-ICP-MS zircon U-Pb age; schist; Dalangshan Group; South Qinling; Suizhou, Hubei

南秦岭构造带是中央造山带的重要组成部分,处于不同大地构造单元的结合处,经历了长期多阶段的发展演化。地质构造背景复杂,在秦岭造山带的研究中,被称为“秦岭微板块”(张宗清等,2006; Zhang *et al.*, 1995)。湖北随州新阳店(南秦岭构造带南缘)地区,出露有大狼山群(又称随县群)的一套岩石组合,由各种片岩及火山-沉积岩构成。由于该地区前寒武纪各岩群的新老关系比较复杂,前人虽然通过微体古植物组合特征及区域上产出的层位对比推测出大狼山群的时代为中元古代,但要真正确定其形成时代,还有待于更系统的同位素年龄的测定。为了解该岩群的成岩时代并为“秦岭微板块”中物质的时代提供有利信息,本文对该岩群进行了详细的野外考察,并采集了其中代表性的片岩样品进行了锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年,期望能对大狼山群的成岩时代乃至“秦岭微板块”的演化提供年代学制约。

## 1 地质背景与样品特征

秦岭造山带位于中国大陆中部,北以洛南-栾川断裂带与华北板块相隔,南以阳关平-大巴山断裂带与扬子板块为邻。对于本区的地质构造格架及演化历史,前人的研究成果及见解较多且存在分歧,但对于该造山带的复杂性和经历的构造-热事件的多旋

回性存在一定共识(Zhang *et al.*, 1995; 张国伟等, 2001; 马丽芳等, 2002; 陈志宏, 2004; 张宗清等, 2006)。根据该区的沉积建造、岩浆活动、变质作用及构造变形等特征,认为本区从老到新经历了晋宁期垂向增生作用、加里东期板块俯冲造山作用和晚海西-印支期碰撞造山作用(张国伟等, 2001)。该区在地层分区图中位于秦岭地层区南秦岭分区(图 1), 出露地层主要为中元古代大狼山群( $P_{td}$ )的片岩、千枚岩、板岩、石英岩、变质砂岩、粉砂岩及少许大理岩, 新元古代南华纪耀岭河群( $N_{hy}$ )的灰绿色厚层状泥岩、局部紫红色冰碛砾岩、砂岩, 震旦纪陡山沱组( $Z_{1d}$ )的含黄铁矿、碳粉砂质板岩、粉砂岩夹大理岩, 灯影组( $Z_{2dn}$ )的白云岩、白云岩质磷块岩等, 寒武纪石牌组( $\epsilon_{1sp}$ )的粉砂岩、天河板组( $\epsilon_{1t}$ )薄层状泥质条带灰岩、石龙洞组( $\epsilon_{1s}$ )厚层状白云岩及白垩纪胡岗组( $K_{2h}$ )暗紫红色砾岩、粉砂岩、粉砂质泥岩等(图 2)。

研究区位于随州市新阳店镇,由西南向东北以庶家公社高中-汤池庙-白果树湾和庶家公社高中东北山梁-新阳店-咀洼子两条界线为界可分为 3 部分(图 1)。庶家公社高中-汤池庙-白果树湾一线西南为寒武纪天河板组( $\epsilon_{1t}$ )的砾屑灰岩和石龙洞组( $\epsilon_{1s}$ )灰黑色的白云质灰岩,两者不易分开,其中发育断层,在陈家湾东山梁上测得断层产状为  $53^\circ \angle 48^\circ$ ,沿该界线与中间地层呈断层接触,在白果树

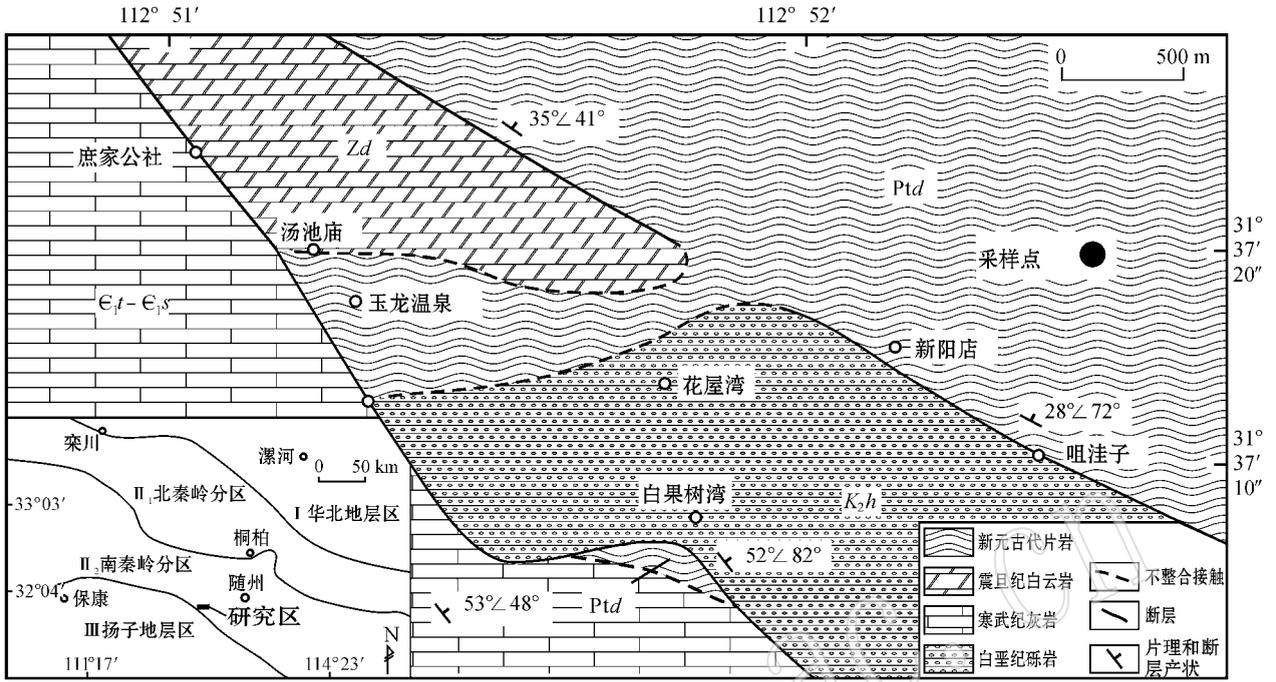


图 1 随州市新店地质图 [据马丽芳等(2002)修改]

Fig. 1 Geological map of Xinyangdian area in Suizhou City (after Ma Lifang et al., 2002)

地质年代			岩石地层	代号	岩性柱	岩性简述
代	纪	世				
中生代	白垩纪	晚白垩世	胡岗组	$K_2h$		暗紫红色砾岩、粉砂岩、粉砂泥质岩组成。局部夹薄层状泥灰岩，普遍含钙质及小砾石。
	侏罗纪 — 奥陶纪					灰色中厚层状含燧石结核微晶白云岩、角砾状白云质灰岩。整合接触。
古生代	寒武纪		石龙洞组	$\epsilon_{2s}$		深灰色或灰色薄层状泥质条带灰岩，砾屑灰岩局部夹极少量的黄绿色页岩和鲕状灰岩。整合接触。
		早寒武世	天河板组	$\epsilon_{1t}$		灰绿色薄层粉砂岩为主，中间夹薄层状灰岩及鲕粒灰岩。与下伏地层呈平行不整合。
			石牌组	$\epsilon_{2p}$		
新元古代	震旦纪	晚震旦世	灯影组	$Z_2dn$		
		早震旦世	陡山沱组	$Z_1d$		由白云岩、鲕状硅质条带白云岩、白云质磷块岩、泥质白云岩及硅质岩等组成。与下伏地层整合。
	南华纪		耀岭河群	$Nhy$		含黄铁矿、含碳粉砂质板岩(千枚岩)、粉砂岩夹大理岩。与下伏地层呈角度不整合。
	青白口纪					灰绿色厚层状泥岩、局部紫红色冰碛砾岩、凝灰质砂岩。与下伏地层呈角度不整合。
中元古代	蓟县纪		大狼山群	$Pt_d$		主要由片岩、千枚岩、板岩、石英岩、变质砂岩、粉砂岩及少许大理岩组成。与上覆地层呈角度不整合。未见底？

图 2 随州新店地区地层柱状图 [据马丽芳等(2002)修改]

Fig. 2 Stratigraphic column of Xinyangdian area in Suizhou City (after Ma Lifang et al., 2002)

湾东南测得断层产状  $52^{\circ} \angle 82^{\circ}$ , 与陈家湾东发育的断层产状一致, 表明应属同一断裂带, 此处已开发的“玉龙温泉”即位于该断裂带上。庶家公社高中东北山梁-新店-咀洼子一线东北为大狼山群(Ptd)片岩, 在该层位上采集了样品进行定年工作(GPS:  $31^{\circ} 37' 19.6'' \text{N}$ ,  $112^{\circ} 52' 29.3'' \text{E}$ ), 该地层与灯影组( $Z_2dn$ )和胡岗组( $K_2h$ )均为断层接触, 与灯影组之间的断层属老断层, 产状  $19^{\circ} \angle 31^{\circ}$ , 相对较缓, 与胡岗组之间的断层为新构造运动形成, 产状  $28^{\circ} \angle 72^{\circ}$ , 较陡。两条界线中间地层相对复杂, 其中西北为震旦纪灯影组硅质条带白云岩, 覆盖在大狼山群片岩之上, 在汤池庙一带可见其界线, 东南为胡岗组紫红色巨砾岩、粗砾岩, 为间歇式山前磨拉石建造, 覆盖在大狼山群片岩之上, 在花屋湾北侧可见其界线。

大狼山群片岩呈现灰白色, 鳞片变晶结构, 片状构造, 片理产状  $35^{\circ} \angle 41^{\circ}$ , 由于白云母的存在, 岩石具明显的丝绢光泽; 镜下鳞片-粒状变晶结构, 粒状矿物主要为石英和少量的斜长石, 片状矿物为细小鳞片状的白云母; 石英为细小他形粒状, 可见波状消光, 含量  $60\% \sim 65\%$ ; 白云母呈细小鳞片状, 近平行消光, 含量约  $30\% \sim 35\%$ ; 斜长石粒径较大, 半自形-他形, 可见聚片双晶, 含量约为  $3\%$ , 定名为白云母石英片岩。

## 2 分析方法

样品采用常规方法进行破碎, 经浮选和磁选后, 再在双目镜下挑选出不同特征的锆石, 贴于双面胶带凹槽内, 制成环氧树脂样品靶, 打磨抛光并使其露出近中心部位, 通过反射光、透射光和阴极发光确定待分析点的位置。锆石样品靶的制备与 SHRIMP 定年锆石样品制备方法基本相同(宋彪等, 2002)。

锆石的阴极发光(CL)显微照相在西北大学大陆动力学国家重点实验室进行, 测试仪器为装在热场发射环境扫描电子显微镜(Quanta 400 FEG)上的 Gatan 阴极发光仪(MonoCL3+), 分析电压为  $10 \text{ kV}$ , 电流为  $240 \mu\text{A}$ 。锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄分析在中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室完成, 测试仪器为准分子激光剥蚀系统(GeoLas200M), 激光剥蚀斑束直径为  $32 \mu\text{m}$ , 频率为  $8 \text{ Hz}$ , 激光剥蚀样品的深度为  $20 \sim 40 \mu\text{m}$ 。实验采用 He、Ar 作为剥蚀物质的载气。锆石年龄计算采用国际标准锆石 91500(平均测试年龄为  $1064.5 \text{ Ma}$ )作

为外标(Wiedenbeck *et al.*, 1995), 元素含量校正用美国国家标准物质局研制的人工合成硅酸盐玻璃 NIST SRM610 为外标(Pearce *et al.*, 1997),  $^{29}\text{Si}$  为内标。每完成 4~5 个测点的样品测定, 加测标样一次。在 15~20 个锆石样品分析点前后各测 2 次 NIST SRM610。锆石的同位素比值和元素含量数据处理采用 ICPMSDataCal 程序计算(Liu *et al.*, 2010), 普通 Pb 采用 Andersen 的 3D 坐标法进行校正(Andersen, 2002), 加权平均年龄及谐和图的绘制采用 ISOPLOT 3.23 完成(Ludwig, 1991)。

## 3 分析结果

### 3.1 锆石 CL 图像特征

片岩中锆石的 CL 图像(图 3)显示大部分颗粒较自形, 粒状、短柱状、长柱状, 晶体长宽比为  $1:1 \sim 3:1$ , 且大部分颗粒核部呈现不均一亮度的环带, 具岩浆结晶锆石特征; 个别颗粒无分带、弱分带, 可能代表变质成因的锆石; 所有锆石边部形态不规则, 但多为浑圆状, 表明锆石经历了后期搬运磨蚀作用。同时, 在锆石周围可见较窄的白色蚀变边, 说明锆石可能又受到后期变质热液的溶蚀作用。

### 3.2 锆石 U-Pb 年龄

选择片岩中的 26 颗代表性锆石测定了 30 个点, 分析结果见表 1。30 个测点中有 2 个点的 Th、U 含量较高, Th 含量分别为  $820 \times 10^{-6}$  和  $888 \times 10^{-6}$ , U 含量分别为  $1024.47 \times 10^{-6}$  和  $1146.97 \times 10^{-6}$ , 且 2 个测点是同一颗锆石, 其他点的 Th 含量、U 含量相对较低, Th 含量变化于  $25 \times 10^{-6} \sim 481 \times 10^{-6}$  之间, U 含量变化于  $34.60 \times 10^{-6} \sim 752.10 \times 10^{-6}$  之间。30 个测点有 6 个点的 Th/U 值小于 0.4, 大于 0.1, 变化范围为  $0.22 \sim 0.39$  (其中两个点的 Th/U 比值为 0.39), 其余 24 个点 Th/U 值变化范围为  $0.42 \sim 1.41$ 。虽然大量研究表明, 岩浆锆石的 Th、U 含量一般较高, Th/U 比值较大(一般大于 0.4), 变质锆石的 Th、U 含量低, Th/U 比值小(一般小于 0.1), 但是一些成分特殊的岩浆中结晶的锆石具有异常的 Th/U 比值, 所以, 仅凭锆石的 Th/U 比值有时并不能有效地鉴别岩浆锆石和变质锆石(Vavra *et al.*, 1996, 1999; Wu *et al.*, 2004)。样品中的 26 颗锆石的分析结果标记于图 3, 除 1 个测点的年龄较老(锆石年龄大于 10 亿年者, 其年龄值采用  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  年龄)为  $2500 \pm 24 \text{ Ma}$  外, 其余测点的年龄虽然变化

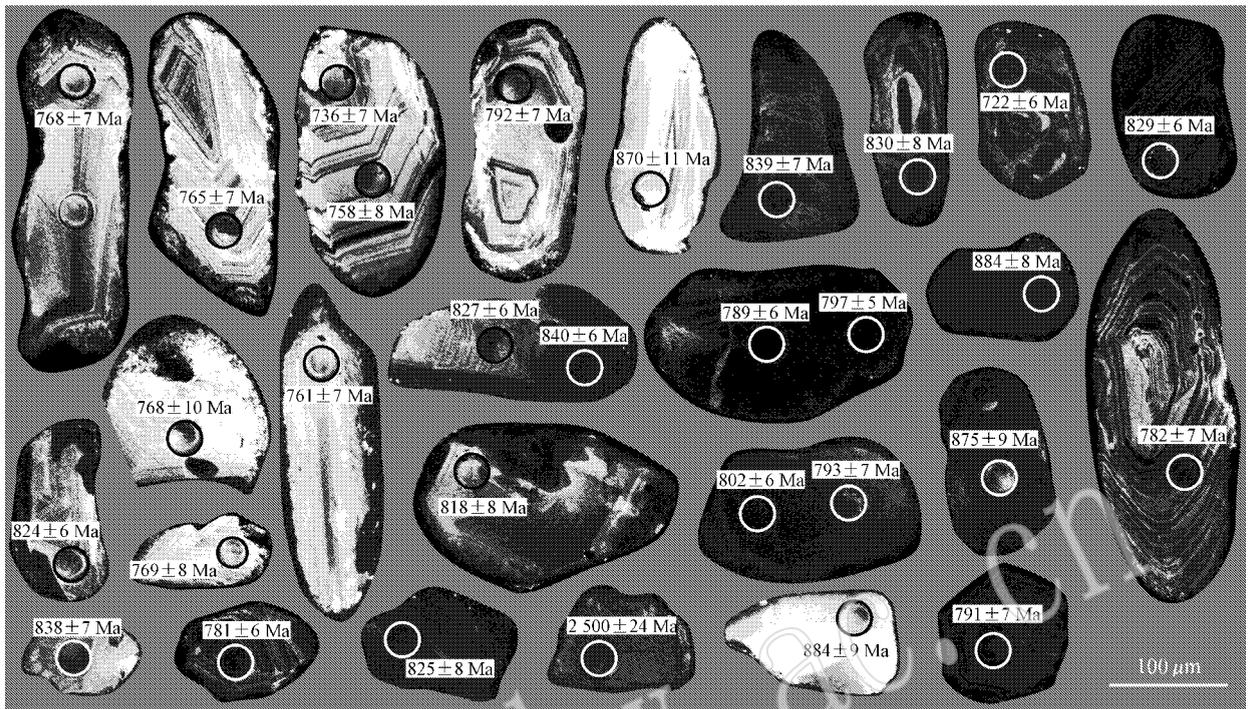


图 3 大狼山群片岩中单颗粒锆石的 CL 图像和 LA-ICP-MS U-Pb 年龄

Fig. 3 CL images of single zircon grains and LA-ICP-MS U-Pb ages of schist from Dalangshan Group

范围较大 ( $884 \pm 6 \sim 722 \pm 6$  Ma), 但基本位于谐和线上或靠近谐和线 (图 4), 且年龄值都属于新元古代, 说明本区大狼山群片岩的沉积成岩时代应为新元古代或之后。

#### 4 讨论

不同地质环境中形成的锆石具有不同的结构类型, 通过锆石内部结构的分析, 再结合锆石的 Th、U 含量及 Th/U 比值将能更有效地判别锆石的成因, 并对测定的年龄给予更合理的解释。通过分析可知,  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄为  $722 \pm 6$  Ma 的锆石, 弱分带, 内部裂隙发育, 分析点可能受到内部裂隙影响, 分析信号不稳定, 其分析点偏离谐和线, 年龄值不能准确反映该锆石的形成年龄; 同一颗锆石上  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄为  $736 \pm 7$  Ma 和  $758 \pm 8$  Ma 的两个分析点, 都在谐和线上, 但年龄值高的分析点位于岩浆环带上, 而年龄值低的分析点位于岩浆环带和浅色溶蚀带的交界处, 说明浅色溶蚀带对分析点值有影响,  $758 \pm 8$  Ma 才更能反映该锆石的结晶年龄。另外, 还有一颗锆石给出了  $2500 \pm 24$  Ma 的古老年龄值, 内部结构显

示无分带, 可能代表古老变质基底的年龄。除此之外, 先不区分锆石的成因类型, 可将其他分析点 (包括  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄为  $758 \pm 8$  Ma) 的年龄分为 4 组: 第 1 组中 6 个分析点的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄变化于  $758 \sim 769$  Ma, 加权平均年龄为  $765 \pm 6$  Ma (MSWD = 0.31) (图 5a); 第 2 组中 8 个分析点的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄变化于  $781 \sim 802$  Ma, 加权平均年龄为  $791 \pm 6$  Ma (MSWD = 1.4) (图 5b); 第 3 组中 9 个分析点的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄变化于  $818 \sim 840$  Ma, 加权平均年龄为  $831 \pm 6$  Ma (MSWD = 1.2) (图 5c); 第 4 组中 4 个分析点的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄变化于  $870 \sim 884$  Ma, 加权平均年龄为  $879 \pm 9$  Ma (MSWD = 0.52) (图 5d)。第 1 组中有 4 个锆石具有特征的岩浆振荡环带, 为岩浆结晶锆石; 另外 2 个, 1 个为扇形分带, 1 个无分带, 可能代表变质锆石; 第 2 组中也有 4 个锆石具明显的岩浆振荡环带, 为岩浆结晶锆石, 另外 2 个无分带, 颗粒较暗, 分析显示这 2 个颗粒具有较高的 Th、U 含量, 高的 Th、U 含量一般会对锆石晶格造成较大的破坏, 使锆石发生重结晶, 可能为后期重结晶形成的锆石; 3、4 组中含环带的锆石虽没有 1、2 组中的震荡环带明显, 但仍能反映岩浆成因, 同时, 这两组

表 1 随州新阳店大狼山群片岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年数据

Table 1 LA-ICP-MS zircon U-Pb dating data of schist from Dalangshan Group in Xinyangdian, Suizhou City

分析点号	$^{232}\text{Th}/^{208}\text{Pb} \times 10^{-6}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$					
	Pb	Th	U	Th	U	U	Th	U	Th	U	U	Th	U	Th	U	Th				
	比值	1s	比值	1s	比值	1s	比值	1s	比值	1s	比值	1s	比值	1s	比值	1s				
SF08-01	7	25	34.60	0.71	0.06884	0.00351	1.35940	0.06987	0.14453	0.00192	0.04722	0.00217	894.4	105.6	871.6	30.1	870	11	932.6	41.8
SF08-02	13	25	72.75	0.34	0.06881	0.00195	1.38662	0.03872	0.14696	0.00166	0.04398	0.00113	894.4	57.4	883.3	16.5	884	9	869.9	21.9
SF08-03	28	84	155.18	0.54	0.06761	0.00187	1.36224	0.04063	0.14540	0.00153	0.04367	0.00096	857.4	62.0	872.8	17.5	875	9	863.9	18.5
SF08-04	55	166	292.36	0.57	0.06851	0.00131	1.39090	0.02666	0.14697	0.00136	0.04271	0.00073	883.3	40.0	885.1	11.3	884	8	845.4	14.2
SF08-05	80	338	439.63	0.77	0.06641	0.00116	1.25302	0.02331	0.13644	0.00136	0.04086	0.00069	820.4	36.0	824.8	10.5	825	8	809.4	13.5
SF08-06	42	77	265.00	0.29	0.06682	0.00143	1.26614	0.02703	0.13735	0.00142	0.04195	0.00144	831.5	44.4	830.7	12.1	830	8	830.6	28.0
SF08-07	24	182	129.23	1.41	0.06475	0.00172	1.11860	0.02972	0.12537	0.00128	0.03620	0.00060	764.8	55.6	762.3	14.2	761	7	718.7	11.8
SF08-08	128	313	752.10	0.42	0.06687	0.00103	1.29027	0.02010	0.13924	0.00103	0.04120	0.00059	835.2	-167.6	841.4	8.9	840	6	816.1	11.5
SF08-09	46	116	277.93	0.42	0.06660	0.00125	1.26150	0.02358	0.13689	0.00114	0.04067	0.00072	825.6	38.9	828.6	10.6	827	6	805.7	14.0
SF08-10	62	169	358.52	0.47	0.06739	0.00152	1.29419	0.02824	0.13878	0.00126	0.04173	0.00076	850.0	-152.0	843.2	12.5	838	7	826.3	14.8
SF08-11	72	277	398.93	0.69	0.06886	0.00120	1.30684	0.02298	0.13732	0.00110	0.04138	0.00059	894.4	37.0	848.7	10.1	829	6	819.5	11.5
SF08-12	21	84	121.40	0.69	0.06843	0.00171	1.23291	0.03098	0.13070	0.00125	0.03921	0.00071	883.3	51.9	815.7	14.1	792	7	777.4	13.9
SF08-13	16	91	86.95	1.05	0.06594	0.00187	1.14837	0.03247	0.12676	0.00138	0.03812	0.00071	805.6	60.0	776.5	15.3	769	8	756.2	13.8
SF08-14	50	189	294.76	0.64	0.06518	0.00135	1.15855	0.02504	0.12880	0.00109	0.03785	0.00064	788.9	44.4	781.3	11.8	781	6	750.8	12.5
SF08-15	13	33	84.52	0.39	0.06437	0.00195	1.10367	0.03419	0.12484	0.00135	0.03654	0.00112	753.7	64.8	755.1	16.5	758	8	725.3	21.8
SF08-16	40	145	231.37	0.62	0.06546	0.00136	1.16262	0.02416	0.12888	0.00114	0.04140	0.00069	790.7	42.6	783.2	11.3	781	7	819.9	13.3
SF08-17	205	888	1146.97	0.77	0.06566	0.00091	1.19502	0.01701	0.13162	0.00092	0.03939	0.00051	794.4	34.3	798.3	7.9	797	5	780.9	9.9
SF08-18	181	820	1024.47	0.80	0.06638	0.00095	1.19568	0.01797	0.13015	0.00102	0.03885	0.00054	818.2	30.4	798.6	8.3	789	6	770.3	10.5
SF08-19	56	208	332.90	0.63	0.06512	0.00127	1.17505	0.02362	0.13061	0.00125	0.03899	0.00067	788.9	41.8	789.0	11.0	791	7	773.2	13.0
SF08-20	19	47	122.32	0.39	0.06524	0.00177	1.13500	0.03062	0.12606	0.00129	0.03863	0.00089	783.3	57.4	770.1	14.6	765	7	766.1	17.3
SF08-21	24	113	126.80	0.89	0.06891	0.00183	1.28678	0.03430	0.13536	0.00140	0.04123	0.00077	896.0	54.8	839.9	15.2	818	8	816.6	15.0
SF08-22	20	87	118.99	0.73	0.06457	0.00180	1.12829	0.03249	0.12649	0.00124	0.03879	0.00072	761.1	58.2	766.9	15.5	768	7	769.2	14.0
SF08-23	8	26	50.11	0.51	0.06287	0.00284	1.09048	0.04856	0.12658	0.00177	0.03870	0.00135	705.6	96.3	748.7	23.6	768	10	767.5	26.2
SF08-24	32	131	174.35	0.75	0.06694	0.00166	1.26325	0.03105	0.13637	0.00110	0.04305	0.00075	835.2	51.9	829.4	13.9	824	6	851.9	14.5
SF08-25	118	481	676.97	0.71	0.06510	0.00099	1.19401	0.01805	0.13239	0.00100	0.03964	0.00052	777.5	31.5	797.8	8.4	802	6	785.7	10.1
SF08-26	32	165	179.81	0.92	0.06511	0.00149	1.17772	0.02716	0.13085	0.00119	0.03917	0.00062	788.9	52.8	790.3	12.7	793	7	776.7	12.0
SF08-27	39	115	224.10	0.51	0.06628	0.00135	1.27887	0.02722	0.13897	0.00121	0.04189	0.00070	816.7	42.6	836.4	12.1	839	7	829.5	13.7
SF08-28	15	31	100.27	0.30	0.06404	0.00202	1.06407	0.03418	0.12087	0.00122	0.03616	0.00116	742.6	66.7	735.8	16.8	736	7	718.0	22.6
SF08-29	86	302	573.35	0.53	0.06668	0.00127	1.09370	0.02067	0.11847	0.00104	0.03729	0.00060	827.8	45.4	750.3	10.0	722	6	740.1	11.6
SF08-30	126	46	213.88	0.22	0.16421	0.00231	10.66965	0.15206	0.46930	0.00372	0.12732	0.00213	2.499.7	24.2	2.494.8	13.2	2.481	16	2.422.3	38.2

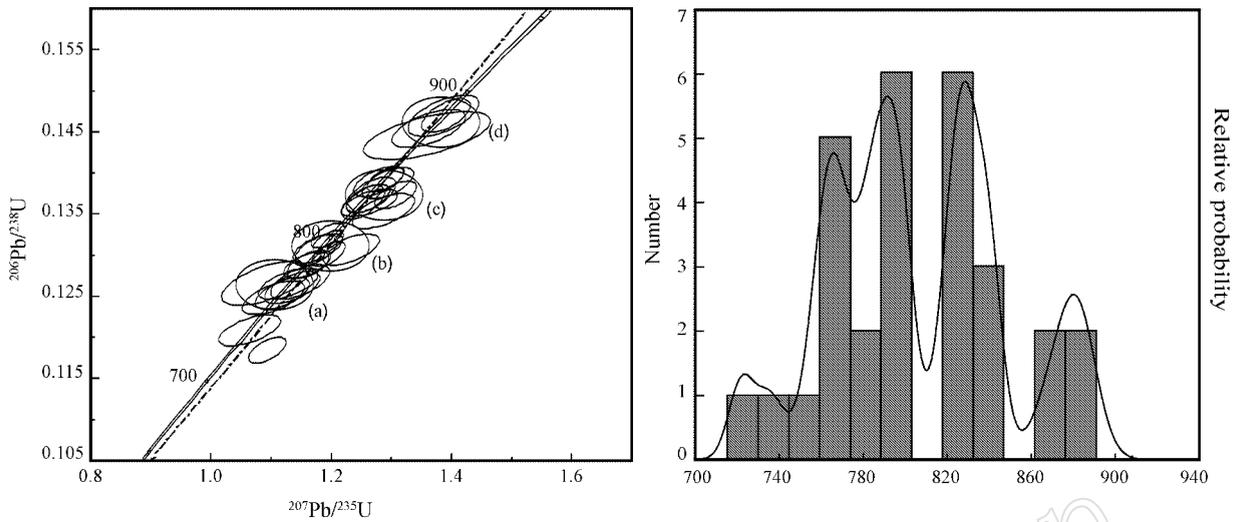


图 4 大狼山群片岩中锆石的 LA-ICP-MS U-Pb 年龄谐和图

Fig. 4 Zircon LA-ICP-MS U-Pb concordia diagram of schist from Dalangshan Group

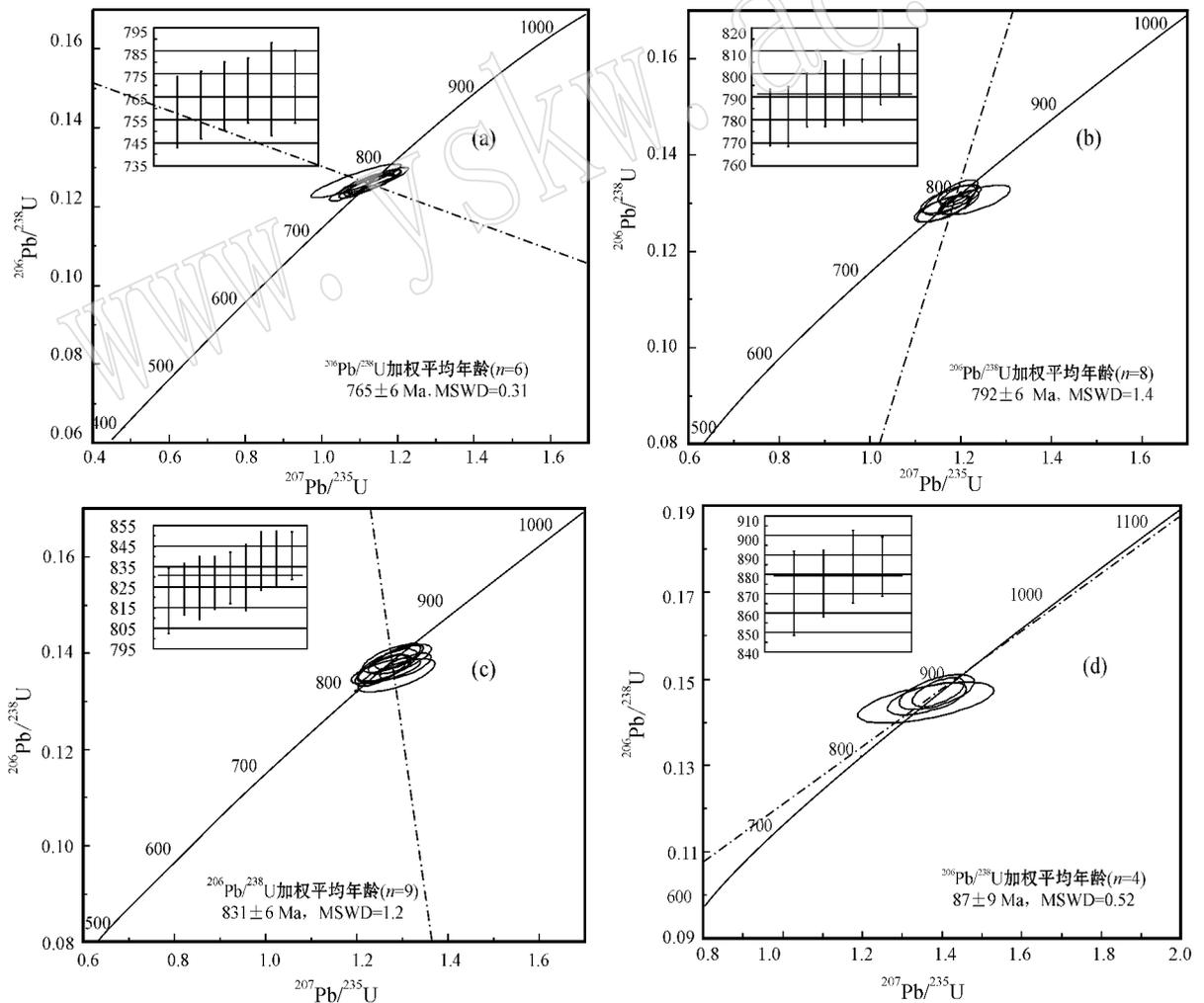


图 5 大狼山群片岩中锆石的 LA-ICP-MS U-Pb 4 组年龄谐和图和加权平均年龄

Fig. 5 LA-ICP-MS U-Pb concordia diagram of four groups of zircon and weighted mean age of schist in Dalangshan Group

中也有变质成因的锆石。总之,不同时代不同成因类型锆石的混合,反映了不同时代不同岩性(或不同岩类)的岩石的混合,说明大狼山群片岩在沉积成岩过程中具有广泛的沉积物源;多组锆石的年龄,也反映了“秦岭微板块”在新元古代早期-中期的地质演化复杂,构造-热事件频繁。

研究表明,样品中的锆石应该来源于源区原岩,属碎屑锆石,与后期绿片岩相变质作用无直接联系。岩石中既包含大量的岩浆锆石,也包含少量的变质锆石,还有部分重结晶作用形成的锆石。岩浆锆石和变质锆石分别代表了岩浆结晶的年龄和原岩变质的年龄,重结晶锆石可能为原岩年龄和重结晶年龄的混合值。在不区分锆石成因类型的前提下,第 1 组 758~769 Ma 和第 2 组 781~802 Ma 的年龄相当于新元古代中期,第 3 组 818~840 Ma 和第 4 组 870~884 Ma 的年龄相当于新元古代早期,另外 2 500 Ma 的年龄相当于古元古代早期-新太古代晚期。前人研究认为秦岭造山带于新元古代晚期裂解,与 Rodinia 超大陆大规模裂解(710~810 Ma)相对应(陈志宏,2004),第 1、2 两组锆石的平均年龄分别为  $765 \pm 6$  Ma 和  $791 \pm 6$  Ma,说明这两组锆石可能是 Rodinia 超大陆裂解过程形成的。张宗清等(1997)认为晋宁期华北地块和扬子地块可能有过接触,在晋宁期末(约 800 Ma)可能又分开(陈志宏,2004),800~900 Ma 强烈火山活动为佐证(张宗清等,1997),第 3、4 两组锆石的年龄可能是华北板块和扬子板块拼贴过程中构造-热事件形成的。以上 4 组年龄反映南秦岭地区在新元古代早期-中期经历了多期构造-热事件。从样品中获得的 2 500 Ma 的锆石,可能是古老基底物质的再循环,反映在南秦岭地区曾经发生过古元古代早期-新太古代末期的构造-热事件。Zhai 等(2000)认为 2 500 Ma 是新太古代和古元古代的界限,同时也可能是有记载的最古老的超大陆事件,2 500 Ma 的年龄可能与全球新太古代末超大陆拼合相关,在全球尺度下,这个年龄可能是全球超大陆拼合事件在该地区的响应。

大狼山群是从原“应山群”中分解出来的一套地层,分布于鄂北随州、应山等地区,北京地质学院(1961)将浅色的片岩及轻变质的白云岩定名为“应山群”,是鄂北随州、应山地区元古代地层的总称。1975~1981 年,由于在“应山群”内发现了震旦纪及古生代宏观化石,随之将含化石地层之下的变质岩系称为大狼山群(随县群)。大狼山群虽未见底,在

其上覆浅变质地层中发现了早寒武世的三叶虫,它们之间没有不整合界线(赵银胜,1997)。大狼山群的变质程度、原岩建造和岩性特征与新元古代武当山群相比较,具有极大的相似性,表明它们可能是同时代同古地理古构造环境中的产物。通过上覆地层的时代限制结合区域产出的层位,至少表明它们的形成时代上限年龄为 700 Ma。虽然本文给出大狼山群片岩中碎屑锆石的 U-Pb 年龄较分散,但分析点基本位于谐和线上或靠近谐和线,且年龄值都属于新元古代,至少表明大狼山群片岩的形成时代不是中元古代,758 Ma 可能代表搬运的最晚一期的碎屑锆石。因此,结合前人的研究我们可以进一步确定其成岩时代应为早震旦世。

## 5 结论

通过对南秦岭南部大狼山群片岩中锆石的 LA-ICP-MS U-Pb 年龄研究,认为南秦岭南部大狼山群片岩中的锆石为碎屑锆石,锆石并未受到后期绿片岩相变质作用的明显改造,锆石年龄代表了其原岩的年龄,是不同构造-热事件的响应。锆石的 U-Pb 年龄多集中在新元古代早-中期(884~758 Ma),可分为 4 组,反映南秦岭地区在该时期至少经历了 4 次构造-热事件,可能与 Rodinia 超大陆的聚合与裂解过程相对应。通过本文的研究可以确定大狼山群片岩的沉积成岩时代应为新元古代早震旦世,而非中元古代。同时,片岩中多组锆石的年龄,反映出“秦岭微板块”在新元古代早期-中期的地质演化复杂,岩浆事件频繁,为“秦岭微板块”的研究提供了一些新的时代约束。

## References

- Andersen T. 2002. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report  $^{204}\text{Pb}$  [J]. *Chemical Geology*, 192: 59~79.
- Chen Zhihong. 2004. The Neoproterozoic Tectono-thermal Events in the Eastern Qinling Orogen and Their Geo-tectonic Significance [D]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences (in Chinese).
- Liu Y., Gao S., Hu Z., et al. 2010. Continental and Oceanic Crust Recycling-induced Melt-Peridotite Interactions in the Trans-North China Orogen: U-Pb Dating, Hf Isotopes and Trace Elements in Zircons from Mantle Xenoliths [J]. *Journal of Petrology*, 51(1~2): 537~571.
- Ludwig K R. 1991. Isoplot-A plotting and regression program for radioisotope data [A]. US Geological Survey Open-File Report

- [C], 39: 91~445.
- Ma Lifang, Qiao Xiufu, Min Longrui, *et al.* 2002. Geological Atlas of China[M]. Beijing: Geological Publishing House( in Chinese).
- Pearce N J G, Perkins W T and Westgate J A. 1997. A compilation of new and published major and trace element data for NIST SRM 610 and NIST SRM 612 glass reference materials[J]. Geostandards Newsletters, 21: 115~144.
- Song Biao, Zhang Yuhai and Wan Yusheng. 2002. Mount making and procedure of the SHRIMP dating[J]. Geological Review, 5(Supplement): 26~30( in Chinese with English abstract).
- Vavra G, Gebauer D and Schmid R. 1996. Multiple zircon growth and recrystallization during polyphase Late Carboniferous to Triassic metamorphism in granulites of the Ivrea Zone( Southern Alps ): An ion microprobe( SHRIMP) study[J]. Contrib. Mineral. Petrol., 122: 337~358.
- Vavra G, Schmid R and Gebauer D. 1999. Internal morphology, habit and U-Th-Pb microanalysis of amphibole to granulite facies zircon: Geochronology of the Ivrea Zone( Southern Alps ) [J]. Contrib. Mineral. Petrol., 134: 380~404.
- Wiedenbeck M, Alle P, Corfu F, *et al.* 1995. Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element and REE analyses [J]. Geostandards Newsletter, 19: 1~23.
- Wu Yuanbao and Zheng Yongfei. 2004. Genesis of zircon and its constraints on interpretation of U-Pb age[J]. Chinese Science Bulletin, 49(15): 1554~1569( in Chinese with English abstract).
- Zhai Mingguo, Bian Aiguo and Zhao Taiping. 2000. The amalgamation of the supercontinent of North China Craton at the end of Neo-Archaean and its breakup during late Palaeoproterozoic and Meso-Proterozoic[J]. Science in China( Series D), 30: 219~232.
- Zhang Guowei, Meng Qingren and Lai Shaocong. 1995. Tectonics and structure of Qinling orogenic belt[J]. Science in China( Series B), 11: 1379~1394.
- Zhang Guowei, Zhang Benren, Yuan Xuncheng, *et al.* 2001. Qinling Orogenic Belt and Continental Dynamics[M]. Beijing: Science Publishing House( in Chinese).
- Zhang Zongqing, Tang Suohan, Song Biao, *et al.* 1997. Jinning strong geological events to take place in the Qingling orogenic belt and their tectonic setting[J]. Acta Geoscientia Sinica, 18( Supplement): 43~45( in Chinese with English abstract).
- Zhang Zongqing, Zhang Guowei, Liu Dunyi, *et al.* 2006. Isotopic Geochronology and Geochemistry of Ophiolites, Granites and Clastic Sedimentary Rocks in Qinling Orogenic Belt[M]. Beijing: Geological Publishing House( in Chinese).
- Zhao Yinsheng. 1997. Remarks on the Yaolinhe, Wudangshan, Suixian ( Dalangshan ) Groups in Northern Hubei[J]. Journal of Stratigraphy, 21(1): 77~80( in Chinese with English abstract).

## 附中文参考文献

- 陈志宏. 2004. 秦岭造山带东部新元古代热-构造事件及其地质构造意义( 博士论文[D] ). 北京: 中国地质科学院.
- 马丽芳, 乔秀夫, 阎隆瑞, 等. 2002. 中国地质图集[M]. 北京: 地质出版社, 93~252.
- 宋 彪, 张玉海, 万渝生. 2002. 锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论[J]. 地质论评, 5( 增刊 ): 26~30.
- 吴元保, 郑永飞. 2004. 锆石成因矿物学研究及其对 U-Pb 年龄解释的制约[J]. 科学通报, 49( 16 ): 1589~1604.
- 翟明国, 卞爱国. 2000. 华北克拉通新太古代末超大陆拼合及古元古代末-中元古代裂解[J]. 中国科学(D 辑), 30( 增刊 ): 129~137.
- 张国伟, 孟庆任, 赖少聪. 1995. 秦岭造山带的结构与构造[J]. 中国科学[B 辑], 25( 9 ): 994~1003.
- 张国伟, 张本仁, 袁学诚, 等. 2001. 秦岭造山带与大陆动力学[M]. 北京: 科学出版社.
- 张宗清, 唐索寒, 宋 彪, 等. 1997. 秦岭造山带晋宁期强烈地质事件及其构造背景[J]. 地球学报, 18( 增刊 ): 43~45.
- 张宗清, 张国伟, 刘敦一, 等. 2006. 秦岭造山带蛇绿岩、花岗岩和碎屑沉积岩同位素年代学和地球化学[M]. 北京: 地质出版社.
- 赵银胜. 1997. 湖北北部耀岭河群、武当山群、随县群( 大狼山群 ) 之我见[J]. 地层学杂志, 21( 1 ): 77~80.