

文章编号: 1009-6248(2008)02-0115-06

小秦岭楼村地区寒武系鲕粒变形 有限应变测量分析及意义

蒲磊, 周立发, 周正, 万延周,

(西北大学地质学系, 陕西 西安 710069)

摘要: 秦岭造山带中洛南-栾川断裂是划分华北板块南缘和北秦岭的重要界线。断裂带北侧楼村地区广泛出露寒武系张夏组鲕粒灰岩, 鲷粒变形普遍发育。通过对变形鲕粒进行显微组构研究, 在了解该地区岩石宏观变形机制及构造演化期次基础上, 分别计算楼村 3 处测点样品的三轴比率及 Flinn 参数 K , 绘制该区岩石应变测量的 Flinn 图解。结果认为, 鲷粒变形以单轴压扁为主 ($0 < K < 1$), 是南北向挤压应力所致, 鲷粒发生单轴压扁变形是洛南小秦岭逆冲推覆构造作用的微观响应。岩石变形主要受秦岭主造山期(印支期)小秦岭逆冲推覆构造系自北向南的推覆挤压作用影响。另外, 通过野外观察与邻近地区进行对比, 表明洛南小秦岭逆冲推覆构造系自北向南变形增强。

关键词: 断裂带; 鲷粒变形; 岩石有限应变测量; 变形分量; 逆冲推覆带

中图分类号: P542 文献标识码: A

1 区域地质背景

秦岭造山带是历经长期发展演化至今的复合型造山带。其形成演化是在前寒武纪早期构造演化基础上, 经历主造山期 (Pt_3-T_2) 多板块俯冲碰撞造山过程, 奠定其基本构造格架, 而后又遭受中新生代强烈陆内造山作用, 终成为现今强大构造山脉(张国伟, 2000; 张本仁等, 2001)。

洛南-栾川断裂分布于秦岭造山带北部现如今后陆冲断褶皱区的中南侧, 也是原秦岭板块构造的弧后海盆陆缘的华北板块南缘带, 是秦岭造山带中一长距离延伸多期活动并具构造划分性的主干复合性断裂构造, 并于中新生代成为秦岭陆内造山作用的组成部分(图 1), 可能还是元古代早期扬子与华北

的地球化学分界面(董云鹏等, 2003)。现今主要包括 3 个部分: ①北缘逆冲推覆断层带。②中南部先期推覆带。③南缘复合断层与断陷带。

前人研究表明, 北缘逆冲推覆断层是由 5 个叠瓦状逆冲断层组成, 是一个多期至少两期的逆冲推覆断层的复合。上盘洛南小秦岭逆冲推覆构造系出露中上元古界官道口、栾川等岩群及中寒武统张夏组鲕粒灰岩。其中, 官道口群主体是一套浅变质或未变质的陆源碎屑-碳酸盐岩沉积岩层, 是一套华北地块南部稳定大陆边缘陆架沉积体系, 构造变形总体简单(张本仁, 袁学诚, 2001), 而张夏组鲕粒灰岩发生强烈变形。本文针对张夏组鲕粒灰岩的变形现象, 利用其中变形鲕粒标志体进行有限应变测量, 从微观角度确定洛南小秦岭逆冲推覆构造系在楼村地区鲕粒灰岩变形的几何学特征和变形强度, 进而

收稿日期: 2008-01-08; 修回日期: 2008-03-31

基金项目: 国家重大基础研究规划项目(批准号: 2002CCC01400) 和中石化科技攻关项目资助

作者简介: 蒲磊(1984-), 男, 陕西周至人, 硕士研究生, 主要从事盆地构造演化研究。通讯地址: 710069, 西安市太白北路 229 号, 西北大学地质学系。

分析其宏观变形机制, 指示洛南断裂带北缘逆冲推覆断层带作用方式并与其北侧弱变形的官道口群白

云岩，桑坪地区张夏组鲕粒灰岩进行对比，确定该逆冲推覆构造系的展布特征。

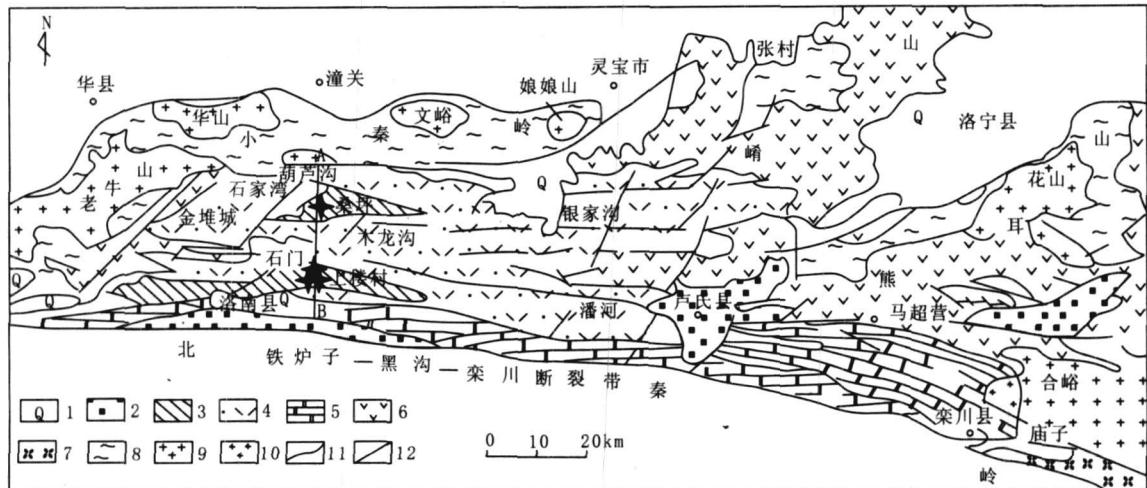


图 1 洛南-栾川断裂区域地质简图

Fig. 1 Regional geological sketch of Luonan-Luanchuan fault

1. 第四系; 2. 古近系、新近系; 3. 寒武系; 4. 上元古界官道口群; 5. 上元古界栾川群; 6. 中元古界熊耳群; 7. 中元古界宽坪群; 8. 太古宇太华群; 9. 燕山期花岗岩; 10. 碱性花岗岩; 11. 地质界限; 12. 断层; AB. 剖面线; ◆. 采样点

2 变形测量和应变分析的基本条件

楼村地区寒武系张夏组鲕粒灰岩中鲕粒变形极为发育(图2、图3),为选择鲕粒变形测量和进行应变分析创造了有利条件。

鲕粒在应力作用下发生变形,多呈变形椭球体。其中可见部分鲕粒被方解石或生物化石碎屑充填。鲕粒在变形过程中不易引起体积变化。同时,鲕粒在灰岩中分布均匀,变形前随机取向,变形后基本呈规则定向,所以基本满足有限应变测量所需条件(宋传中,2005)。

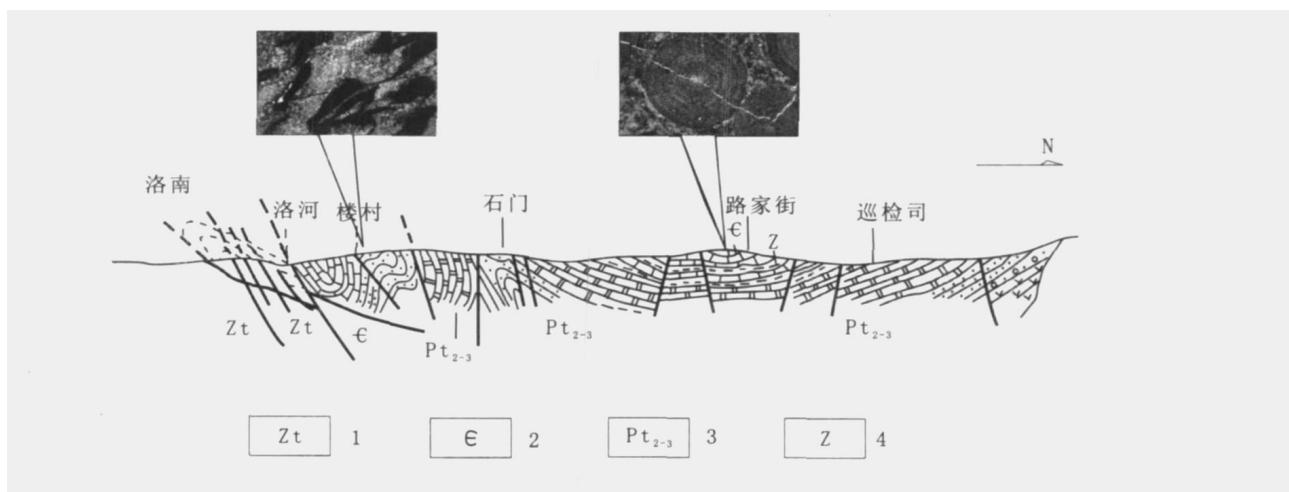


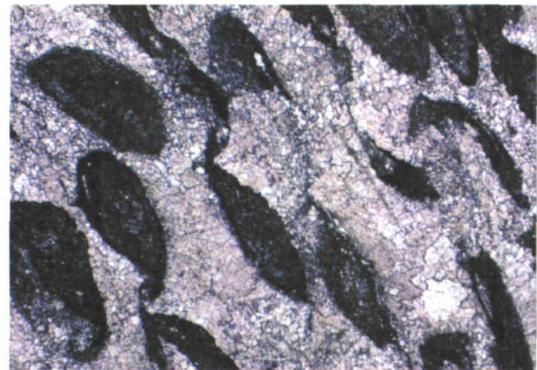
图 2 小秦岭洛-华公路地质剖面图 (据张国伟等, 2000)

Fig. 2 Geological profile of Luo-hua road in Xiao qinling

- 1 霽日系一下古生界陶湾群; 2 赛武系; 3 中元古界洛南群; 4 霽日系罗圈组



XZ切面变形



YZ切面变形

图3 鲋粒灰岩 XZ, YZ 方向切面 (单偏光 10×5)

Fig. 3 Surface of XZ, YZ in oolite lime (single polar 10×5)

3 鲋粒有限应变测量分析

3.1 有限应变分析方法

为从微观方面了解洛南断裂北侧小秦岭逆冲推覆构造系的应变特征及其形成的动力学机制, 在楼村地区选取露头好、应变标志体发育的标本, 在切片机上切制 XZ , YZ 方向切面, 然后在室内进行应变分析原始数据的统计测量。此外, 借助岩层中发

育的劈理方向, 选择延劈理定向的鲕粒拉长方向为 X 轴(郑亚东, 1985), 垂直 X 轴的切面为 YZ 切面, 垂直 Y 轴的切面为 XZ 切面, 在 XZ , YZ 切面上每个测量面统计标志体 50 个。

在上述 XZ , YZ 两个切面上依次测量获得每个应变标志体的 X , Y , Z 值后, 首先采用长短轴法进行二维应变测算 (Ramasay, 1985), 然后再进行三维应变分析, 计算所得轴率, 主应变大小比值, Flinn 参数 (K), 结果见表 1。

表1 变形鲕粒的有限应变测量分析结果

Tab. 1 The result of oolite finite strain analysis

地点	方法	样品编号	R (XZ)	R (YZ)	主应变大小 X Y Z	Flinn 参数 K
上楼村	长短轴法	lc-001	5	3	5 3 1	$k = 0.56$
		lc-002	4.2	3.2	4.2 3.2 1	$k = 0.41$
		lc-003	2.7	2.5	2.7 2.5 1	$k = 0.43$

以 lc-001 样品为例, 长短轴法做图结果如(图 4)。

将计算结果投入 Flinn 图解 (郑亚东, 1985) (图 5)。

3.2 有限应变测量结果分析

根据 Flinn 参数 K 值大小, 陶洪群 (1993) 将 Flinn 图解分成几个不同的变形类型: ①轴对称压缩 ($K = 0 \sim 0.15$); ②一般压缩 ($K = 0.15 \sim 0.67$); ③平面应变 ($K = 0.67 \sim 1.5$); ④一般拉伸 ($K = 1.5 \sim 6.67$); ⑤轴对称拉伸 ($K = 6.67 \sim \infty$)。测点楼村地区平均 $K = 0.47$, 变化范围在 $0.41 \sim 0.57$, 因此

属于一般压缩, 形成的应变椭球为三轴扁椭球状。是以单轴压扁为主, 在 Z 轴方向上压缩量最大。野外测得采样点楼村向斜北侧一翼 XY 面 (即最大压扁面) 产状为 $8^{\circ} 68^{\circ}$; 北倾近南北向, 反映向斜发生倒转, 说明鲕粒单轴压扁变形是受南北向的挤压应力产生的, 洛南断裂以南地块向北俯冲导致断裂北部表层小秦岭逆冲推覆带自北向南推覆挤压, 鲋粒变形是宏观逆冲推覆构造的微观响应。该区岩石也因此宏观表现为挤压收缩而成为向斜一部分。

结合该地区构造演化史, 有学者认为北秦岭造山带为加里东-早华力西期形成的造山带, 晚古生

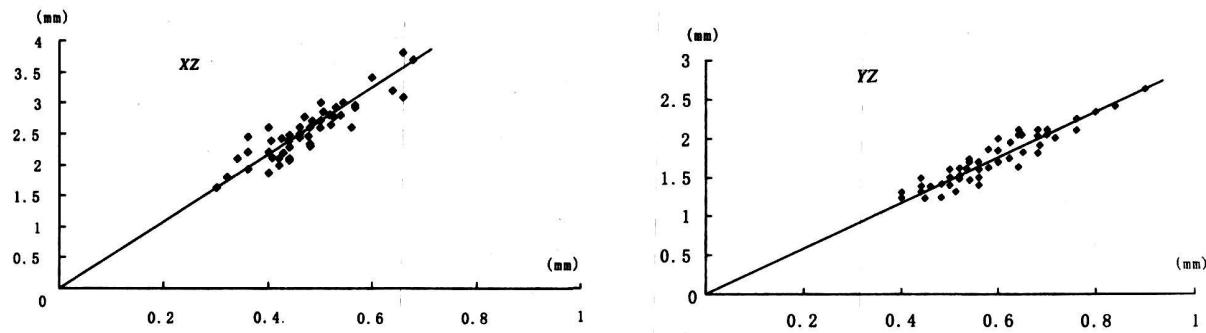


图4 Ic-001X Z, YZ切面测量结果图

Fig. 4 The chart of measuring result of X Z and Y Z surface

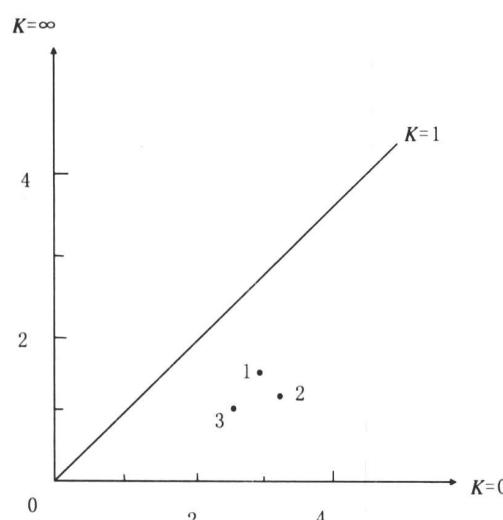


图5 应力分析的 Flinn 图解

Fig. 5 The chart of Flinn stress analysis

代末洋盆消亡开始大陆碰撞(许志琴, 1988)。但早晚古生代之交, 秦岭正处于勉略有限洋盆扩张打开, 商丹带收缩俯冲但因受扩张影响而改变俯冲角度和减小俯冲速率, 使之原应发生的碰撞而未发生, 产生了秦岭自晚古生代至印支期从俯冲到点碰撞—一面碰撞—全面碰撞的缓慢进程。此外, 加里东期仅在商丹带以北发育一列俯冲型花岗岩, 南秦岭并无加里东同期碰撞型花岗岩(张国伟, 2001)。而整个秦岭区广泛发育的印支期碰撞型花岗岩(245~211 Ma)和商丹带内的沙河湾环斑花岗岩(时代为213~195 Ma)(卢欣祥, 1996), 都是商丹缝合带中三叠世末最后封闭的典型标志。

洛南小秦岭逆冲推覆构造系为一近东西向自北

向南的逆冲推覆带, 东延至栾川逆冲推覆构造系, 根据洛南断裂带中各期构造叠加复合关系以及小秦岭区大量贯入已变形岩层中的中酸性岩体的时代(206~123 Ma)表明该逆冲推覆构造系的发育正是因主造山期华北、扬子板块碰撞而形成的。此外, 晚期发育的小秦岭逆冲推覆叠加构造, 主要发育浅层次的脆-韧性断层, 是燕山晚期秦岭造山带南北两侧同时受华北地块和扬子地块相向巨大俯冲, 造成秦岭内部南北侧反向俯冲的产物。秦岭内部以石门走滑断层为中轴反向逆冲, 构成似花状构造形态。

对比断裂带北部出露的中上元古界官道口群白云岩, 桑坪地区张夏组鲕粒灰岩均未变形或弱变形(图6), 其构造位置分别对应小秦岭逆冲推覆构造系中路家街向斜两翼和核部, 产状平缓, 因而推测楼村向斜发生倒转应在该变形之后, 即同期在桑坪和楼村形成宽缓的向斜, 后期楼村地区受洛南断裂北缘逆冲推覆构造推挤影响强烈变形, 结合小秦岭区大量贯入的印支期中酸性岩体的时代(206~123 Ma, Sm-Nd, Rb-Sr, 张本仁, 2001)和侵位特征, 表明楼村地区向斜变形主体是印支期秦岭碰撞造山过程逆冲推覆作用的结果。另外, 洛南小秦岭逆冲推覆构造系北部变形微弱, 而其南部也以楼村向斜终止, 说明洛南小秦岭逆冲推覆构造作用自北向南增强。

4 结论与认识

通过对楼村地区张夏组鲕粒灰岩鲕粒变形应变测量得出以下结论。

(1) 洛南断裂北侧楼村地区张夏组鲕粒灰岩中

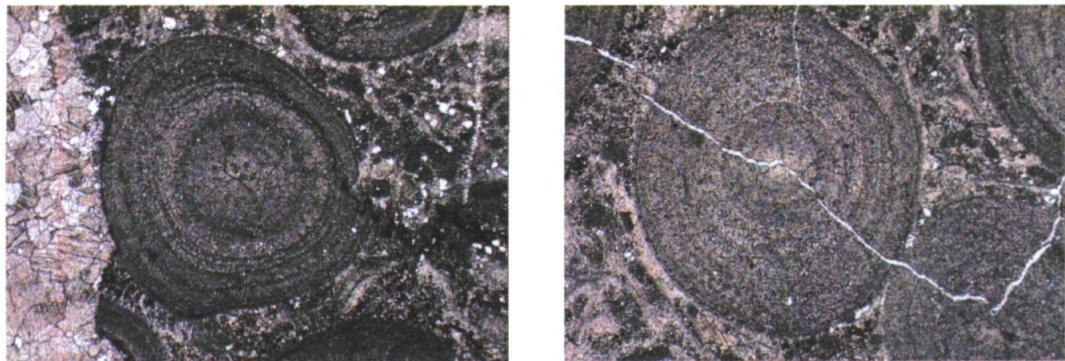


图6 桑坪地区张夏组鲕粒灰岩鲕粒弱变形

Fig. 6 Light-deformed oolite of Cambrian Zhangxia group in Sangping area

鲕粒变形强烈, 以单轴压扁变形为主, 是洛南断裂以南地块向北俯冲导致北部表层小秦岭逆冲推覆带自北向南推覆挤压该区变形所致, 是洛南小秦岭逆冲推覆构造系宏观逆冲推覆构造的微观响应。岩石宏观表现为挤压收缩。

(2) 通过镜下观察及野外对比, 分析楼村向斜的倒转至平卧应发生在先期洛南小秦岭整体宽缓变形之后, 即同期在桑坪和楼村形成宽缓的向斜, 后期楼村地区受洛南断裂北缘逆冲推覆构造推挤影响强烈变形, 主体是印支期秦岭碰撞造山过程逆冲推覆作用的结果。

(3) 洛南小秦岭逆冲推覆构造系北部官道口群白云岩, 桑坪地区张夏组鲕粒灰岩未变形或弱变形, 南部楼村向斜变形强烈, 说明洛南小秦岭逆冲推覆构造作用自北向南增强, 南部受洛南断裂影响强烈。

参考文献 (References):

- 张国伟, 于在平, 董云鹏. 秦岭区前寒武纪构造格局与演化
问题探讨 [J]. 岩石学报, 2000, 16 (1): 11-21.
- 张国伟, 张宗清, 董云鹏. 秦岭造山带主要构造岩石地层单
元的构造性质及其大地构造意义 [J]. 岩石学报, 1995,
11 (2): 101-114.
- 张宗清, 唐索寒, 宋彪, 等. 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, 1997, 18 (增刊): 43-
45.
- 董云鹏, 张国伟, 赵霞, 等. 北秦岭元古代构造格架与演化
[J]. 大地构造与成矿学, 2003, 27 (2): 115-124.
- 王涛, 张国伟, 裴先治. 北秦岭新元古代北北西向碰撞造山
带存在的可能性及两侧陆块的汇聚与裂解 [J]. 地质通
报, 2002, 21 (8): 516-522.

张国伟, 张本仁, 袁学城. 秦岭造山带与大陆动力学 [M].
北京: 科学出版社, 2001: 558-580.

张国伟, 孟庆仁, 于在平. 1996. 秦岭造山带的造山过程及
其动力学特征 [J]. 中国科学 (D), 26 (3): 193-200.
陆松年, 陈志宏, 李怀坤. 秦岭造山带中—新元古代 (早
期) 地质演化 [J]. 地质通报, 2004, 23 (2): 107-112.
裴先治. 东秦岭商丹构造带的组成与构造演化 [M]. 西安:
西安地图出版社, 1997: 111-146.

宋传中, 牛漫兰, 王道轩, 等. 岩石有限应变与造山带构造
块体变形要素的估算 [J]. 合肥工业大学学报 (自然科
学版), 2005, 28 (9): 1142-1143.

周鼎武, 李文厚, 张云翔, 等. 区域地质综合研究的理论和
方法—鄂尔多斯盆地—秦岭造山带地质走廊野外实习
指导书 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.

郑亚东, 常志忠. 岩石有限应变测量及韧性剪切带 [M]. 北
京: 地质出版社, 1985: 1-99.

J. G. Ramasay. Folding and Fracturing of Rocks [M]. 宋
鸿林等译. 北京: 地质出版社, 1985: 82-96.

许志琴, 卢一伦, 汤耀庆, 等. 东秦岭复合山链的形成—变
形、演化及板块动力学 [M]. 北京: 中国环境科学出版
社, 1988: 149-151.

冯益民, 曹宣铎, 张二朋. 西秦岭造山带的演化、构造格局
和性质 [J]. 西北地质, 2003, 36 (1): 1-10.

王云斌, 梁明宏, 霍勤知, 等. 利用变形花岗岩体中的长石
矿物进行有限应变测量初探 [J]. 西北地质, 2004, 37
(2): 19-24.

ZHANG Guowei, YU Zaiping, DONG Yunpeng. On
Precambrian framework and evolution of the Qinling
belt [J]. Acta Petrologica Sinica, 2000, 16 (1): 11-21.

ZHANG Guowei, ZHANG Zongqing, DONG Yunpeng.
Nature of main tectonic litho stratigraphic units of the
Qinling orogen: Implications for the tectonic evolution
[J]. Acta Petrologica Sinica, 1995, 11 (2): 101-114.

ZHANG Zongqin, TANG Suohan, SONG Biao, et al.

- Strong Jinning geological events in the Qinling orogenic belt and its tectonic setting [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 1997, 18 (supp) : 43-45.
- DONG Yumpeng, ZHANG Guowei, ZHAO Xia, et al. The Proterozoic tectonic framework and evolution of the North Qinling orogen, central China [J]. *Geotectonica et Metallogenesis*, 2003, 27 (2) : 115-124.
- WANG Tao, ZHANG Guowei, PEI Xianzhi. Possibility of the existence of a Neoproterozoic NW trending orogenic belt in the North Qinling and convergence and breakup of blocks on its two sides [J]. *Geological Bulletin of China*, 2002, 21 (8) : 516-522.
- ZHANG Guowei, ZHANG Benren, YUAN Xuecheng. Qinling orogenic belt and continental dynamics [M]. Science Press, Beijing, 2001: 558-580.
- ZHANG Guowei, MENG Qingren, YU Zaiping. Orogenesis and dynamics of the Qinling orogen [J]. *Science in China (Series D)*, 1996, 26 (3): 193-200.
- LU Songnian, CHEN Zhihong, LI Huaikun. Late Mesoproterozoic-Early Neoproterozoic evolution of the Qinling orogen [J]. *Geological Bulletin of China*, 2004, 23 (2) : 107-112.
- PEI Xianzhi. Composition and tectonic evolution of the Shangdan structural zone in the East Qinling, China [M]. Xi'an Cartographic Publishing House, Xi'an, 1997: 111-146.
- SONG Chuanzhong, NIU Manlan, WANG Daoxuan et al.
- Rock finite strain and estimation of deformed components of structural blocks in an orogenic belt [J]. *Journal of Hefei University of Technology*. 2005, 28 (9) : 1142-1143.
- ZHOU Dingwu, LI Wenhou, ZHANG Yunxiang et al. Theory and methods of integrated studying regional geology-field seminar directive book about Ordos-Qinling orogenic belt [M]. Science Press, 2002.
- ZHENG Yadong, CHANG Zhizhong. Finite strain of rock and ductile shear belt [M]. Geological Publishing House, Beijing, 1985 : 1-99.
- J. G. Ramasay. *Folding and Fracturing of Rocks* [M]. SONG Honglin et al. Geological Publishing House, Beijing, 1985: 82-96.
- XU Zhiqin, LU Yilun, TANG Yaoqing et al. The development, deformation and evolution of east Qinling composite mountain chain and continental dynamics [M]. China Environment Science Press, 1988: 149-151.
- FENG Yimin, CAO Xuanduo, ZHANG Erpeng. Tectonic evolution framework and nature of the west Qinling orogenic belt [J]. *Northwest Geology*, 2003, 36 (1) : 1-10.
- WANG Yunbin, LIANG Minghong, HUO Qinzhong, et al. The study of the limit deformation measurement with deformation feldspar in granite areas [J]. *Northwest Geology*, 2004, 37 (2): 19-24.

Measurement and Analysis of Cambrian Oolite Finite Strain in Xiao Qinling Loucun Area and the Meaning

PU Lei, ZHOU Li-fa, ZHOU Zheng, WAN Yan-zhou

(Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China)

Abstract: Luonan-Luanchuan fault is an important boundary of dividing the southern margin of NC block and North Qinling. Oolite lime of Cambrian Zhangxia group emerged widely in Loucun area north beyond the fault and oolite deformation is widely developed. By studying deformed oolite in the microcosmic way, on the base of understanding the macroscopic deformed mechanism and structure evolution sequence, the ratio among the three axis (X Y Z) and Flinn parameters (K) can be calculated and the character of oolite deformation can be known. It is indicated that oolite deformation is characterized by monad compression ($0 < K < 1$), caused by the pressure from north to south. It is also noted that the microcosmic respond of Luonan Xiaoqinling thrust nappe structure. Rock deformation mainly effected by thrust nappe tectonic action of Xiaoqinling thrust nappe structure from north to south in the main Qinling orogenic period (Indo-Chinese epoch). Furthermore, compared with the adjacent area, it is indicated that Xiaoqinling thrust nappe structure affected from north to south.

Key words: fault belt; oolite deformation; rock finite strain measurement; deformed component; thrust nappe belt