

# 陕西洛南蓊县系—寒武系变形变质研究

曲 国 胜

(北京大学地质系)

本文主要通过野外对断裂带糜棱岩、劈理的观测和室内对变质矿物的光学测定, 确定洛南地区蓊县系冯家湾组—寒武系发育三条韧性剪切推覆断层, 一条韧性剪切推覆带, 一个倒转向斜和一个倒转背斜, 变形期为晚加里东期, 华力西期, 后华力西期。

## 前 言

东秦岭北坡蓊县系—寒武系呈近东西向带状分布于陕西商县、洛南、河南卢氏、栾川等地, 为中朝准地台南部稳定陆缘沉积建造(黄汲清等, 1980), 多年来本区争论的焦点为陶湾群及其相关地层的归属问题(王作勋, 1980, 1984; 张秋生等, 1980)。本文对陕西洛南县以东柏峪寺—灵口一带陶湾群以北的蓊县系—寒武系构造变形及变质特征进行研究, 发现了控制震旦系罗圈组—寒武系倒转向斜<sup>1)</sup>发育的三条韧性推覆断层和一条韧性剪切带, 初步确定了由震旦系罗圈组—寒武系组成的推覆构造。

研究区地层系统完整(表1)(王作勋, 1980, 1984; 张秋生等, 1980), 为低绿片岩相的浅变质岩区, 火山作用不发育。

表 1

寒 武 系	上 统	桐峪组 $\epsilon_3 w y$
	中 统	上楼村组 $\epsilon_2 l_2$ 下楼村组 $\epsilon_2 l_1$
	下 统	
震 旦 系	罗圈组	Z1
	大庄组	Zd
蓊 县 系	冯家湾组	Zjf

## 一、震旦系罗圈组—寒武系变形变质特征

### 1. 分布与组成

由震旦系罗圈组—寒武系组成的复式倒转向斜分布于柏峪寺至灵口一带, 枢纽走

1) 前人称为楼村向斜、石门川向斜或孤山村向斜。

向北西西，且向西倾伏，其边界及内部发育一系列韧性推覆断层和韧性剪切带（郑亚东等，1986），致使复式倒转向斜支离破碎（图1），断裂系命名如下：1.狼磨韧性推覆断层（ $F_1$ ）；2.韩井韧性推覆断层（ $F_2$ ）；3.柏韩韧性剪切带（ $F_3$ ）；4.沙河韧性推覆断层（ $F_4$ ）（图2）。

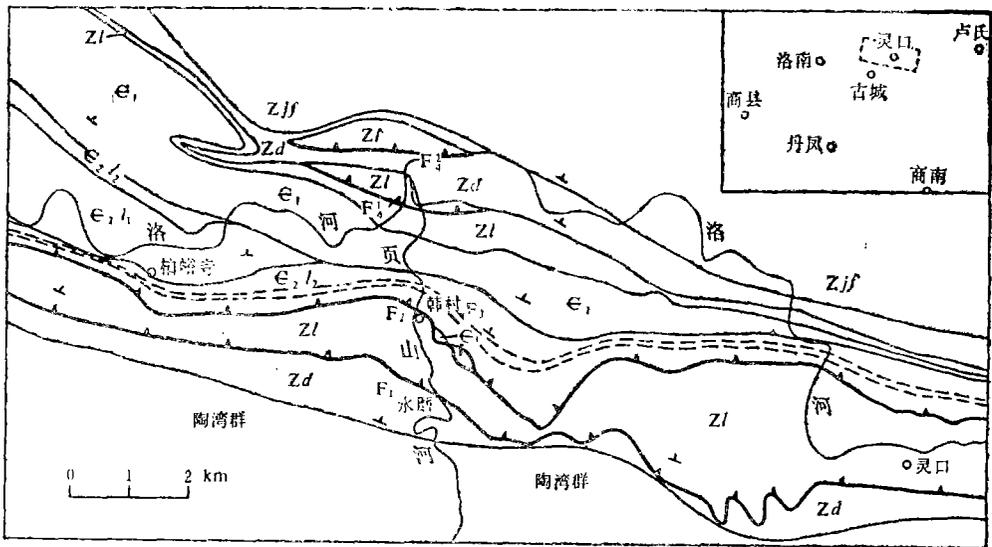


图1 柏峪寺—灵口地质构造略图

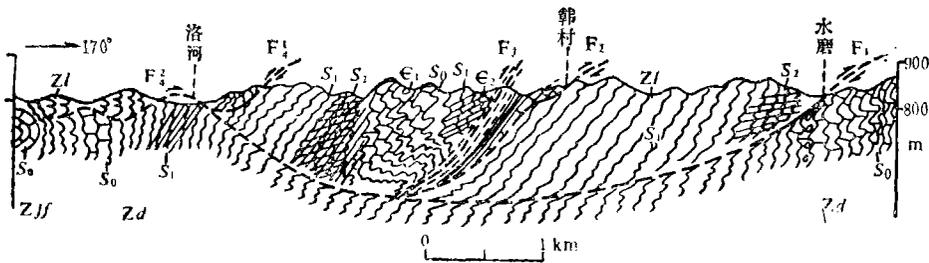


图2 页山河剖面

## 2. 变形构造分述

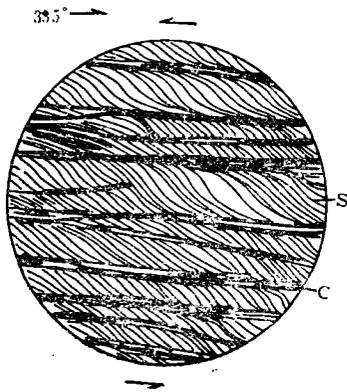
### (1) 狼磨韧性推覆断层（ $F_1$ ）

分布于狼沟口—水磨一线，区域上规模大，整体为北西西—南东东或东—西走向，断层面向北缓倾，呈波状起伏，倾角 $0-30^\circ$ 。上盘罗圈组泥质千枚岩，局部石英砾岩板岩与下盘大庄组含砾灰岩、硅质灰岩或炭质、炭硅质板岩接触。沿断层带发育泥炭质及炭质片岩，厚约1—2m。断层上盘由远离到近断层带处，S-C磨棱岩（Lister, G.S. and A.W. Snoke, 1984）发育强度逐渐增加（表2），S面由石英或少量绢云母组成，C

面由绢云母或少量石英、方解石（图3）组成，剪切角 $\theta = SAC$ 的变化反映了剪切变形强度由断带边部向中心逐渐增大。

表2

分类	标本号	剪切角( $\theta$ )	剪切值 $r = \frac{2}{\tan 2\theta}$	岩性及矿物变形
上盘	7-7-8	33°	0.89	千枚岩，绢云母，变形石英，方解石呈南北向。
	7-8-4	20°	2.38	千枚糜棱岩，石英变形强，南北向拉长(3:1)。
	7-8-8	15°	3.47	S-C糜棱岩。
中心	7-8-9	0°	$+\infty$	泥质片岩，以绢云母为主，少量同向石英。
	7-8-10	15°	3.47	S-C糜棱岩。
	7-8-11	5°	11.36	含砾灰岩、片岩、炭质、绢云条带，方解石强烈变形。
下盘	8-11-2	5°	11.36	方解石构造片岩，强烈拉长的石英、方解石、绢云母。
	7-9-1			炭硅质岩，炭质条带及其间对置重结晶石英。
	7-9-3			硅质灰岩，石英、方解石无定向，少量绢云母。



$S_2$ 滑劈理发育强度由远离断带至中心也逐渐增强（表3），在中心部位呈小剪切带（照片1）或使 $S_2$ 流劈理（图4）呈卷发式（对应于宏观上弹簧式）褶曲（张秋生等，1980）。

← 图3 标本7-8-8，S=C素描，正交偏光，10×10，S由石英、绢云母组成，C由绢云母组成

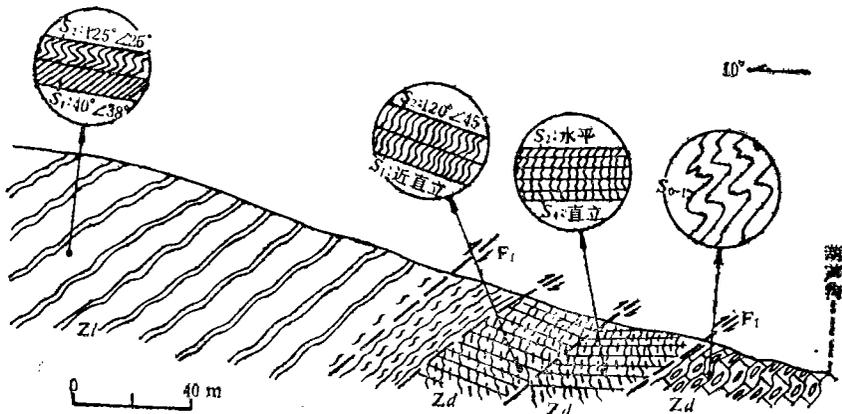
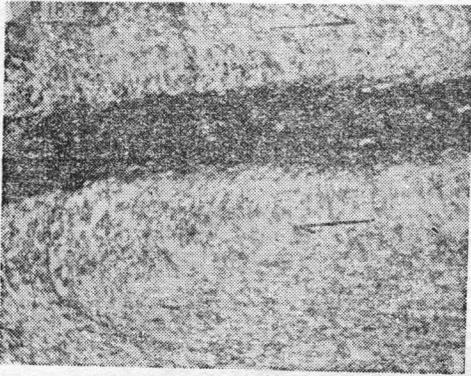
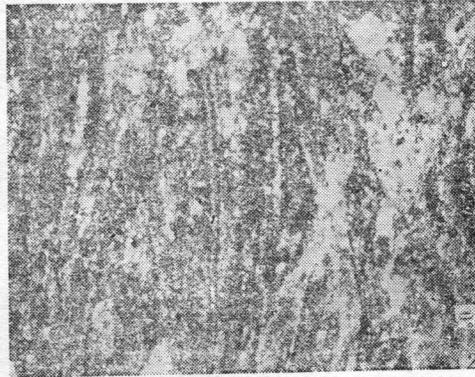


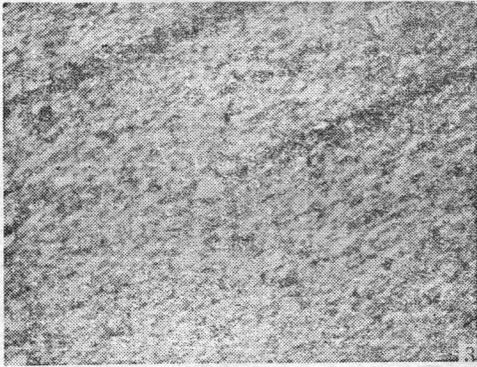
图4 曹源沟剖面



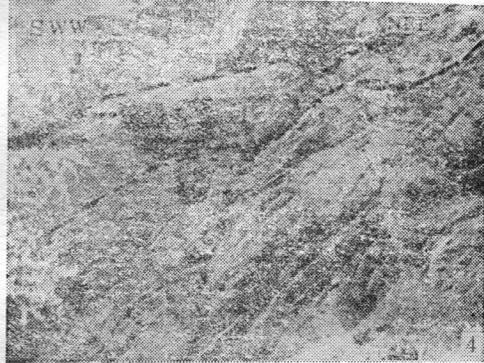
照片1、苦陀村东F<sub>1</sub>断裂带内千枚岩标本8-11-1, 正交偏光, 2.5×8, S<sub>1</sub>流劈理呈卷发式褶曲, S<sub>2</sub>滑劈理呈小剪切带。



照片2、韩北村F<sub>2</sub>断裂带内标本7-6-19, 正交偏光, 2.5×8, 具强烈变形化石的生物碎屑灰岩。



照片3、F<sub>3</sub>中心带千糜岩标本6-25-1, 正交偏光, 2.5×10, 赤铁矿拉伸线理极发育, S与C面重。



照片4、河口村北F<sub>4</sub>断层带, 下盘大庄组硅质灰岩呈弹簧式褶曲, 上盘罗圈组为千枚岩, 断带炭质片岩。



照片5、倒转向斜倒转翼罗圈组千枚岩标本6-22-12, 正交偏光, 2.5×8, S<sub>2</sub>轴劈理发育。



照片6、水磨附近大庄组炭硅质板岩标本 7-9-13, 正交偏光, 2.5×8, 炭质条带及其间对壁生长的重结晶石英; 变形小石英。

表 3

位 置	标 本 号	S <sub>2</sub> 发育及使S <sub>1</sub> 劈理变形程度
上 盘  中心 下 盘	7-7-9	S <sub>2</sub> 劈理基本不发育, S <sub>1</sub> 劈理无变形。
	7-8-1	S <sub>2</sub> 劈理发育, S <sub>1</sub> 劈理无变形
	7-8-7	S <sub>2</sub> 劈理发育, S <sub>1</sub> 劈理呈波状起伏。
	7-8-9	S <sub>2</sub> 劈理发育, S <sub>1</sub> 劈理起伏程度增大。
	8-11-1	S <sub>2</sub> 劈理呈小剪切带, S <sub>1</sub> 劈理呈卷发状褶曲,
	7-8-11	S <sub>2</sub> 劈理发育, S <sub>1</sub> 劈理呈波状或卷发状褶曲。
	7-9-1	S <sub>2</sub> 劈理不发育, S <sub>1</sub> 劈理发育, 无变形。

(2) 韩井韧性推覆断层 (F<sub>2</sub>)

分布于柏峪寺南—韩村—井沟一线, 断层带规模大, 走向北西西—南东东或近东西,

断面向北缓倾, 倾角0—50°。该断带由二条时合时离的断层组成(图5), 主断面上盘为寒武系下统厚层灰岩或部分罗圈组千枚岩, 下盘为罗圈组千枚岩; 次断面上盘为中寒武统下楼村组千枚岩及部分下寒武统灰岩, 下盘为下寒武统厚层灰岩或部分罗圈组千枚岩。受二断层联合作用的影响, 下寒武统厚层灰岩大量缺失, 区域上灰岩块体呈串珠状分布, 单个灰岩断片呈透镜状产出。

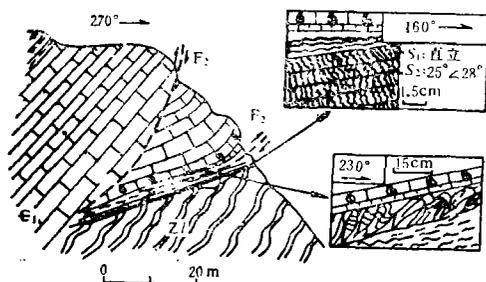


图5 韩村北沟内F<sub>2</sub>断层特征

沿主断面多出现一层厚几米至1m的炭质片岩层(S<sub>1</sub>), 且片岩再褶曲。在韩村主断带中, S<sub>1</sub>流劈理近直立呈弹簧式小褶曲, S<sub>2</sub>滑劈理近水平, 构造透镜体发育(图5), 近南北向赤铁矿拉伸线理随S<sub>1</sub>流劈理面弯曲而起伏。显微变形以生物碎屑强烈变形拉长(照片

表 4

分类 位置	标 本 号	剪切角	剪切值	岩性及矿物变形
上 盘  中心 下 盘	8-7-4			生物灰岩, 化石与方解石无变形。
	7-6-6(1)			生物灰岩, 化石与方解石略具变形。
	7-6-6(2)			生物灰岩, 化石与方解石变形强, 变形化石长/短=3:1
	7-6-19			生物灰岩, 化石与方解石强烈变形, 变形化石长/短=25:1
	7-6-18			千糜岩, S <sub>1</sub> 劈理呈卷发式褶曲, 重结晶石英充填其中。
	7-6-17	0°	+∞	千糜岩, 石英强烈变形, 与绢云母同向, 具铁质混染。
	7-6-14	15°	3.47	千枚糜棱岩, 具S-C构造, 石英集合体变形弱。
	7-7-3	30°	1.15	千枚岩, 略具S-C构造, S <sub>1</sub> 劈理略呈波状起伏。
	7-7-4			千枚岩, 不具S-C构造, 沉积韵律可见, 石英具定向。

2)、泥质千糜岩、S-C糜棱岩发育为特征。由断带上盘→中心→下盘，韧性变形强度(表4)表现为，未变形灰岩→千糜岩→千枚岩，呈由弱到强，再由强到弱的规律性。然而受岩性及断裂部位的控制，变形强度的递变表现为不对称性，即断层中心带偏近于上盘。次断带较窄，几乎未引起灰岩的变形。在主、次断带并合处，构造片岩中方解石颗粒变形呈眼球状或呈小的剪切带。

(3) 柏韩韧性剪切带(F<sub>3</sub>)

呈东西向分布于柏峪寺—韩村北一线，发育在中寒武统下楼村组泥质岩中，与F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>近于平行，以由中心高应变带向两侧对称递减，无明显断面和地层的不连续为典型特征(表5)，S-C糜棱岩，普遍发育的近南北向拉伸线理(照片3)为该剪切带的重要鉴别标志。S<sub>1</sub>劈理极发育，产状0°∠30°—20°∠40°，剪切带中心SAC=0°。

表 5

分类 位置	标本号	剪切角	剪切值	岩性及矿物变形
北0m	6-24-5			结晶灰岩，方解石略具变形，定向。
	6-24-6			千枚岩，发育两组切剪面，略变形，定向。
	6-24-7			千枚岩，石英、绢云母定向排列，磁铁矿发育。
中心	6-24-8	18°	2.753	千枚岩，S-C糜棱岩构造发育。
	6-25-1	0°	+∞	千糜岩、石英、绢云母强烈变形，同向排列，赤铁矿拉伸线理
	6-25-2	0°	+∞	极发育，其X/Z≈20:1
	6-25-4	7°	8.022	千枚糜棱岩，石英、绢云母、赤铁矿强烈拉长，定向。
	6-25-6			千枚岩，除石英、绢云母、赤铁矿拉伸线理外，方解石增多，且变形。
南250m	6-25-8			千枚岩，呈雪球状的赤铁矿具石英压力影。
	6-25-9			方解石构造片岩，方解石呈眼球状、条带状强烈拉长，定向(近F <sub>2</sub> 断带)。

(4) 沙河韧性推覆断层(F<sub>4</sub>)

由位于洛河南岸的沙河口(F<sub>4</sub><sup>1</sup>)及位于洛河北岸河口村一带(F<sub>4</sub><sup>2</sup>)两部分断带组成。

F<sub>4</sub><sup>1</sup>上盘由罗圈组泥质板岩、千枚岩组成，下盘由罗圈组千枚岩及大庄组硅质岩组成。

F<sub>4</sub><sup>2</sup>上盘由呈平卧褶曲的罗圈组组成，下盘由呈弹簧式褶曲的大庄组炭质板岩、炭硅质板岩、含砾灰岩及硅质灰岩(照片4)组成。宏观上三者均以断层崖、断带内发育的拖褶皱、劈理及拉伸线理等为特征，微观上以S-C糜棱岩、构造片岩、千糜岩为断带特征。

综上所述，韧性断裂系可分为以下变形期。

第一期，韧性变形阶段：韧性断裂系普遍发育构造片岩、千糜岩、C-S糜棱岩，近南北向矿物拉伸线理，F<sub>4</sub><sup>1</sup>形成轴面平行断面的拖褶皱，F<sub>1</sub>及F<sub>4</sub><sup>2</sup>断带片岩中均可见下伏大庄组绢云母角砾，证实了大庄组在断裂系活动之前已经遭受了变形变质。S-C糜

棱岩构造，变形砾石的压力影（ $F_1$ ），呈雪球状变形的石英集合体（ $F_3$ ），绢云母角砾的石英压力影（ $F_4^2$ ）、不对称拖褶皱（ $F_4^1$ ），石英光轴组构等指示了 $F_1$ （图6）、 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4^1$ （图7）、 $F_4^2$ 近于由北向南的韧性剪切推覆作用。

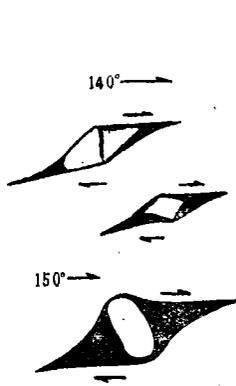


图6 水磨石英砾石压力影

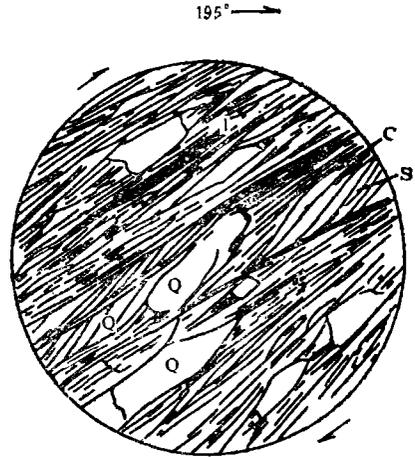


图7 标本6-21-10素描图，正交偏光，10×  
10，S-C为糜棱岩构造

Q：石英；Se：绢云母；l：赤铁矿拉伸线理

第二期，韧性—半韧性变形阶段： $F_1$ 近水平 $S_2$ 滑劈理的形成，使上盘罗圈组千枚岩 $S_1$ 流劈理形成弹簧式褶曲及断带碎裂片岩带； $F_2$ 断带内 $S_1$ 流劈理及炭质片岩再褶曲，形成近水平的 $S_2$ 滑劈理及构造透镜体； $F_4^2$ 的 $S_2$ 滑劈理发育使断带上盘形成平卧褶皱； $F_4^1$ 的罗圈组与大庄组间形成断层角砾岩带及破碎带。而 $F_3$ 、 $F_4^1$ 的罗圈组间断裂停止活动。断带内 $S_2$ 滑劈理与 $S_1$ 流劈理的相互切割关系及构造透镜体指示了 $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_4^1$ 、 $F_4^2$ 近于由北向南的剪切推覆作用。

#### （5）倒转向斜简述

倒转向斜呈东西向狭长带状分布于洛河两岸，由寒武系及震旦系罗圈组组成，受上述断裂系控制，向斜两翼发育不完整，支离破碎，表现为一整体枢纽走向近东—西，向西或北西西倾伏，轴面北倾，底面受韧性推覆断层控制的复式倒转向斜。倒转向斜经历三期变形，前二期以韧性变形为主，第三期为开阔的褶皱。

第一期，韧性变形阶段：正常翼罗圈组以剪切作用为主，广泛发育 $S_1$ 流劈理，近 $F_1$ 、 $F_2$ 断层带或远离的某些部位，S-C糜棱岩、矿物拉伸线理发育，而 $S_0$ 无根钩小褶曲仅局部可见；下寒武统灰岩呈透镜状产出，薄层灰岩中小褶曲发育，厚层灰岩多无变形。倒转翼罗圈组及下寒武统灰岩以挤压褶皱作用为主，发育紧密褶曲、尖棱状紧密褶曲及 $S_0$ 的无根钩褶曲，千枚岩中 $S_1$ 板劈理发育，产状 $350^\circ \angle 30^\circ - 30^\circ \angle 48^\circ$ 。中寒武统下楼村组泥质岩中发育柏韩（ $F_3$ ）韧性剪切带。

第二期，韧一半韧性变形阶段：正常翼罗圈组 $S_2$ 滑劈理近水平，多为向北缓倾，倾角 $0^\circ-20^\circ$ ，局部受推覆断层影响而向东、东南缓倾，近 $F_1$ ， $S_1$ 流劈理呈近直立弹簧式褶皱。倒转翼 $S_2$ 滑（轴）劈理发育（照片5），产状 $350^\circ \angle 20^\circ-40^\circ \angle 30^\circ$ 。中寒武统泥质岩、灰岩组成倒转向斜核部，如葫芦沟北（图8）、柏峪寺北等地， $S_2$ 轴劈理发育，产状 $0^\circ \angle 0^\circ-50^\circ \angle 25^\circ$ 。

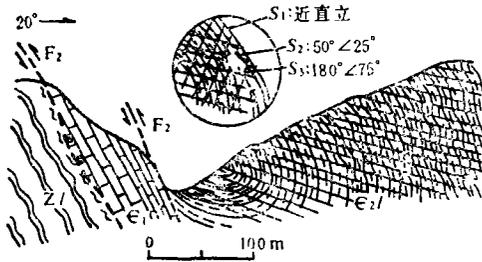


图8 葫芦沟—桥沟倒转向斜转折端

综上韧性断裂系与倒转向斜的变形特征，可以看出：在空间上， $S_1$ 流劈理的发育强度与韧性断裂系的早期活动存在着递变关系， $S_2$ 滑劈理与轴劈理的发育强度与韧性断裂系晚期活动也存在着递变关系，在时间上，两期褶皱作用的同时都伴有断裂系的推覆活动，即二者为褶皱冲断关系。

### 3. 变质作用

#### (1) 变质矿物组合

泥质岩变质矿物组合为：石英-绢云母-绿泥石-赤（磁）铁矿，伴随 $S_1$ 产生的变质矿物为绢云母、绿泥石、磁铁矿。石英以变形为主，几乎无重结晶石英出现，碳酸盐岩仅为结晶灰岩。

#### (2) 温压条件估计

对柏韩韧性剪切带中心千糜岩中绢云母单矿物X光测 $b_0$ 值，结果： $b_0 = 9.0240 \text{ \AA}$ 和 $b_0 = 9.0120 \text{ \AA}$ ，属中压型（均在 $9.000-9.040 \text{ \AA}$ 范围内）区域变质（张霄媛等，1983），结合变质矿物组合，可断定该剪切带形成时的温压条件为中压型变质相系的葡萄石-绿纤石相变质（贺同兴等，1980）。T:  $200^\circ-400^\circ \text{ C}$ ，P:  $3-5 \times 10^5 \text{ kpa}$ ，最高可达 $1 \times 10^6 \text{ kpa}$ 。透射电镜下各带变形石英位错的普遍存在，也证实了变形是在较高温、压条件下的韧性变形（李林等，1984）。

## 二、蓟县系冯家湾组—震旦系大庄组变形变质特征

### 1. 区域分布与构造变形

大庄组呈带状分布于倒转向斜南北两侧，受上述断层系影响，含砾灰岩、硅质灰岩呈断续分布，北侧多出露硅质灰岩，南侧多出露硅质灰岩、含砾灰岩及炭硅质板岩。两侧地层的 $S_0$ 层理均表现为弹簧式褶皱，且褶皱规模及式样受岩性及层厚控制。在向斜北侧，弹簧式褶皱轴面向南陡倾（照片6），在向斜南侧则北倾（图9），不对称小褶皱指示了页山河水磨一带大庄组地层由北向南变新。 $S_1$ 板劈理仅发育在炭硅质及炭质板岩中， $S_2$ 滑劈理仅发育在断带（ $F_1$ ）内， $S_3$ 破劈理局部可见。微观上 $S_0$ 层理普遍呈卷发

韧性断裂系各带的石英光轴组构均为似斜方与单斜对称(除剪切带边部), 反映了以剪切为主带有挤压分量的变形机制。大庄组—冯家湾组石英光轴组构均为斜方对称与似斜方对称, 反映了以挤压褶皱为主的压扁机制。

表6 变形鲕粒、砾石三维有限应变分析结果对比

		倾向		相对长度	平均半径 (R)	压缩量 (%)	应变程度 (r)	对数 Flinn 指数(K)	其它地质测量数据
		短轴	长轴						
化树 ε <sub>2</sub> 变形 鲕状 灰岩 <sup>1</sup>	短轴	71.24°	57.51°	0.52	1.060	40	5.665	7.573	中寒武统鲕状灰岩 S <sub>1</sub> 劈理产状: 1°∠22°, 千枚岩中赤、磁铁矿拉伸线理产状: 358°∠15°
	长轴	180.98°	12.14°	3.52					
	中轴	278.0°	29.62°	0.65					
化树 ε <sub>2</sub> 变形 鲕状 灰岩 <sup>2</sup>	短轴	299.8°	68.5°	0.429	1.098	44.16	3.905	0.676	中寒武统鲕状灰岩 S <sub>1</sub> 劈理产状: 11°∠22°, 千枚岩中赤、磁铁矿拉伸线理产状: 358°∠15°
	长轴	189.0°	7.9°	2.507					
	中轴	96.7°	19.8°	1.230					
狼沟 口 Zd 含砾 灰岩	短轴	189.5°	44.9°	3.290	2.291	85.9	6.154	1.042	罗圈组千枚岩 S <sub>1</sub> 劈理产状: 15°∠30°, S <sub>2</sub> 劈理产状: 34°∠10°, 大庄组含砾灰岩 S <sub>1</sub> 劈理产状: 15°∠45°, 测量位置近狼磨(F <sub>1</sub> ) 韧性断层。
	长轴	307.0°	24.9°	4.603					
	中轴	55.8°	34.7°	4.095					
水磨 Zd 含砾 灰岩	短轴	186.6°	53.1°	0.581	1.755	83.44	4.847	0.797	罗圈组千枚岩 S <sub>1</sub> 劈理产状: 40°∠23°, S <sub>2</sub> 劈理产状: 100°∠13°, 大庄组含砾灰岩 S <sub>1</sub> 劈理产状: 50°∠35°, 测量位置近狼磨(F <sub>1</sub> ) 韧性断层。
	长轴	279.6°	2.3°	4.893					
	中轴	11.33°	36.8°	1.902					
灵口 街南 Zd 含砾 灰岩	短轴	217.6°	50.9°	0.668	1.344	75.14	5.758	8.922	罗圈组泥质千枚岩 S <sub>1</sub> 劈理产状: 10°∠20°, 大庄组含砾灰岩 S <sub>1</sub> 劈理产状: 30°∠24°, 测量位置近狼磨(F <sub>1</sub> ) 韧性断层。
	长轴	114.2°	10.7°	4.488					
	中轴	15.9°	37.1°	0.809					
黄坪 村东 Zd 灰岩 砾岩	短轴	201.4°	51.2°	0.665	2.578	87.1	6.554	0.301	大庄组炭硅质板岩 S <sub>1</sub> 劈理产状: 27°∠33°, 灰岩砾岩 S <sub>1</sub> 劈理产状: 20°∠36°, 测量位置无断层发育。
	长轴	305.3°	10.9°	6.622					
	中轴	43.5°	36.7°	3.892					
佛岔 沟口 Zd 含砾 灰岩	短轴	190.8°	53.4°	0.707	1.898	81.8	4.079	0.371	大庄组含砾灰岩 S <sub>1</sub> 劈理产状: 11°∠36°, 砾石中小褶曲剪切指向由北西向南东, 测量位置无断层发育。
	长轴	327.5°	28.4°	3.923					
	中轴	69.6°	21.1°	2.467					
罗西 沟内 Zd 含砾 灰岩	短轴	231.7°	59.8°	0.694	2.594	86.62	7.795	1.599	大庄组含砾灰岩 S <sub>1</sub> 劈理产状: 50°∠34°, 其上陶湾群片状大理岩 S <sub>1</sub> 呈弹簧式褶皱, S <sub>2</sub> 劈理产状: 120°∠38°, 测量位置近于断层。
	长轴	124.9°	9.5°	12.069					
	中轴	29.8°	28.4°	2.083					

#### 四、成因讨论

综上所述, 各带变形、变质及测试结果, 显见震旦系罗圈组—寒武系与蓊县系冯家湾组—震旦系大庄组在变形期次、重结晶程度及变形机制等方面不同, 加之二者区域接触关系均为断层, 可以得出: 在区域上统一形成宽缓背向形(S<sub>3</sub>)之前, 震旦系罗圈组—



图9 水磨硅质灰岩中弹簧式褶皱

式褶曲，与宏观上弹簧式褶皱相对应。

冯家湾组白云岩、白云质灰岩分布在北侧大庄组以北的西峪河、李河等地，组成S<sub>0</sub>层理呈轴面北倾的近平卧倒转背斜。

### 2. 变质作用

大庄组、冯家湾组普遍经受一期重结晶变质作用。炭硅质板岩中石英颗粒按大小及静态重结晶程度分为(1)基质型：变形石英呈极小颗粒出现并与炭质条带同向排列。(2)同构造脉型：重结晶石英呈对劈生长于炭质条带之间。在对壁生长的石英脉中间有残余的基质型石英(照片

6)，表明重结晶作用为原地的。变质矿物组合，同构造脉型及少量基质型石英+方解石+绢云母+炭质条带。

### 3. 期次划分

第一期韧性变形阶段：形成大庄组普遍发育的弹簧式(卷发式)褶皱及冯家湾组近平卧倒转背斜，继之普遍发生重结晶作用。

第二期半韧性—脆性阶段：形成开阔的背、向形构造及S<sub>0</sub>破劈理。

## 三、变形机制分析

### 1. 变形鲕粒、砾石三维有限应变分析

对变形鲕粒、砾石统计数据(Ramsey, J. G. and M. L. Huker, 1933)进行计算机数据处理<sup>1)</sup>分析结果(表6)为：中寒武统鲕状灰岩变形鲕粒与大庄组含砾灰岩变形砾石应变椭球体的长、短轴方向不同，前者长轴南北向，略向南倾，与F<sub>1</sub>中拉伸(a轴)线理方向相同；后者长轴均近东西或北西(西)—南东(东)向，与区域上大庄组地层弹簧式褶皱枢纽(b轴)走向一致；加之对数Flinn指数所反映的应变状态，可得结论：中寒武统鲕状灰岩变形总体以南北向剪切拉伸机制为主，局部可出现挤压机制；大庄组含砾灰岩变形总体以南北向挤压机制为主，局部受断裂影响而表现为剪切拉伸机制。

### 2. 石英光轴组构分析

对倒转向斜韧性断裂系中各带变形石英及大庄组—冯家湾组重结晶石英进行组构测定，其组构类型可分为：(1)单斜对称型，以剪切机制为主。(2)斜方对称型，以压扁机制为主。(3)似斜方对称型，兼有剪切与压扁两种机制。各带组构类型反映出，倒转向斜，

1) 计算程序由北京大学邵济安提供。

寒武系与冯家湾组—大庄组经历了不同的变形变质历史, 属两套不同的体系, 因而由罗圈组—寒武系组成的褶皱冲断推覆构造可能存在<sup>1)</sup> (K.R. McClay et. al., 1981) 其底板逆冲断层为F<sub>1</sub>与F<sub>4</sub>。相对原地的下伏构造层由冯家湾组—大庄组组成。

关于推覆体推移距离与来源尚未详细研究, 但区内推覆体的北界不是推覆构造的根部带, 据区域资料分析, 区内罗圈组—寒武系沉积建造可与北部路家街向斜相当地层进行对比, 加之断裂系由北向南剪切推覆, 笔者以为推覆构造的根部带可能位于工作区北20km左右的石门—石坡断裂带。

可能的演化: 460Ma左右, 推覆构造以由北向南的韧性剪切推覆作用为主, 形成倒转向斜雏形及推覆断裂系, 下伏构造层以压扁褶皱为主, 二者变质温、压条件属中下构造层 (M. 马托埃, 1984), 但推覆构造之韧性断裂系活动略晚于下伏构造层挤压褶皱及热变质重结晶的形成。300—400Ma, 复式倒转向斜形成, 随之整体推覆作用发生。晚华力西期以后同步变形, 形成宽缓背向形。

本文承蒙导师黄汲清教授、姜春发、任纪舜研究员、王作勋同志的指导和关怀, 深表谢意。

### 参 考 文 献

- [1] 黄汲清、任纪舜、姜春发、张正坤、秦德余, 1980, 中国大地构造及其演化, 科学出版社, P.49—50.
- [2] 王作勋, 1984, 东秦岭北坡含砾灰岩层位、时代、沉积环境及其与陶湾群等地层的关系, 中国地质科学院院报, 第9号, P.185—195.
- [3] 张秋生等, 1980, 中国东秦岭变质地质, 吉林人民出版社.
- [4] 王作勋, 1980, 东秦岭北坡寒武系三川组发现含磷层, 地质论评, 第26卷, 第6期.
- [5] 郑亚东, 常志忠主编, 1986, 岩石有限应变测量及韧性剪切带, 地质出版社.
- [6] 张儒瑗等, 1983, 矿物温度计和矿物压力计, 地质出版社, P.173—180.
- [7] 贺同兴等, 1980, 变质岩岩石学, 地质出版社.
- [8] 李林等, 1984, 矿物的电子显微镜研究, 地质出版社.
- [9] M. 马托埃, 地壳变形, 孙坦、张道安译, 1984, 地质出版社.
- [10] G.S. Lister and A.W. Snoke, 1984, S-C Mylonite, Journal of Structural Geology, Vol.6., No.6, P.617—638.
- [11] K.R. McClay and N.J. Price 1981, Thrust and Nappe Tectonics, Geological Society Special Publication, No.9.
- [12] J.G. Ramsay and M.L. Huker, 1983, The Techniques of Modern Structural Geology, Vol.1, Strain Analysis.

1) 肖庆辉、吴玉华, 1983, 国外逆冲断层和推覆体构造研究的一些新进展, 地质部情报研。

STUDY ON DEFORMATION AND  
METAMORPHISM OF JIXIAN—CAMBRIAN  
IN LUONAN, SHAANXI PROVINCE

Qu Guosheng

(Geology Department of Peking University)

Abstract

By observation on cleavages of mylonites in fault zones in field and optical measurements of metamorphic minerals in laboratory, it is recognized that three ductile shear napping faults, a ductile shear napping zone, a overturned synclines and a overturned anticline were developed in Jixian Cambrian in Luonan area. The deformation periods are late Caledonian, Variscian, and post Variscian.