# 吉南板石沟地区前寒武纪构造 韧变序列及地壳演化

孙忠实<sup>1</sup>,冯亚民<sup>2</sup>,杨晓东<sup>1</sup>,杨永强<sup>1</sup> (1.长春科技大学地学院,吉林长春 130026;2.吉林省地矿局,吉林长春 130061)

**提要**:1:5万吉南板石沟幅地质填图,查明前寒武纪变质岩系内发育一套韧变序列;前阜平旋回中构相;阜平旋回第一幕浅一中构相;阜平旋回第二幕中一浅构相;吕梁旋回早期浅构相;吕梁旋回晚期 表一浅构相。各期面状构造特征性韧变标志,反映出近东西向龙岗古陆核是由韧性一脆性、由活动 向稳定演化的一套构造堆积体组成的。

关键 词:前寒武纪构造;韧变序列;地壳演化;吉林

**中图分类号**:P 54 **文献标识码**:A 文章编号:1000-3967(1999) 04-0383-08

太古宙变质岩系片麻状-条带状构造成因研究一直被人们所关注。自格陵兰高地长英质 片麻岩主体是由两套均一的英云闪长岩和花岗闪长岩经受变质变形而形成阿米索片麻岩和努 克片麻岩以来,有关古老克拉通内面状构造成因的认识(由多数原生变为多数次生)发生了根 本性的变化。尤其是杨振升教授<sup>11</sup>对中国冀东、辽宁等地变质岩区次生面状构造研究后,依 边界条件的不同提出的构造相理论。该理论将太古宙次生面状构造由深至浅依次划分为深构 相、中构相和浅构相<sup>3</sup>个层次,为中国太古宙古老地壳演化的研究增加了新认识。

吉南是变质岩发育的古老克拉通地区,自胡国安、林宝钦、翟明国和毕守业等提出长英质 片麻岩主体是TTG系列的古深成侵入体以来,对侵入体和表壳岩内的片麻状一条带状构造 都未加以深入研究。本文通过1992—1996年间地质填图,以1:5万板石沟幅为例对构造相及 新建类型所组成的韧变序列和地壳演化问题作一探讨。

1 地质概况

工作区位于华北地台铁岭一靖宇隆起中段,龙岗复式背斜核部及其南缘。北侧为龙岗复 式背斜北缘,南侧为早元古宙裂谷系(图1)。区内主要由一套太古宙变质上壳岩和侵入岩系 组成。上壳岩(Sm-Nd 等时线年龄<sup>2605</sup> Ma)<sup>?</sup>呈大、小不等包体分布于变质深成侵入岩系中。 变质深成侵入体主要由早期英云闪长岩(单颗粒锆石年龄<sup>2557</sup> Ma)和晚期黑云母钾长花岗

- 作者简介:孙忠实(1952),男,辽宁省大连市人,长春科技大学地球科学院副教授。
- (它)1秒率逐第23它而木荒泡幅、板石沟防矿幅屏搏地底调查报告。1998 House. All rights reserved. http://www

收稿日期:1998-03-05;修订日期:1999-03-15

基金项目:国土资源部变质动力开放实验室项目和原地质矿产部1:5万区域地质调查项目资助。

岩(单颗粒锆石年龄2498 Ma)组成,它们占总填图面积的88%,自太古宙一元古宙经历了多 期次韧性变形变质作用,依各期变形性质的不同划分为三大变形旋回五期变形。

## 2 前阜平旋回变形特征

上壳岩内中构相细条带和细粒矿物结构是该期韧性剪切特征性变形标志。上壳岩(斜长角闪岩、磁铁石英岩和细粒黑云斜长片麻岩)主要分布在板石沟铁矿至上青沟铁矿区一带,出露规模较小,宽十几米一上百米,长百米一上千米,总体呈东西向延伸(图1)。岩石内由浅色(长石、石英)和暗色(黑云母、角闪石、磁铁矿、石榴石)矿物相间排列构成透入性条带状构造。因条带面理产状(347°/82°)与褶皱轴面产状相一致,石香肠(斜长角闪岩和铁矿组成)、褶皱枢纽(60°,270°)和矿物线理同作为a轴(图2D),所以带内发生过强烈的韧性剪切,运动方向从西向东呈右行滑动。在剪切带内有多期(图2B,C)片内无根勾状褶皱呈·N"和'I"两种构造置换类型分布。多期强烈韧性剪切使上壳岩细条带(1cm内可达10条)和矿物呈细粒结构(0.3~0.075 mm)发育。变形主要矿物组合(磁铁矿+石英+普通角闪石+镁铁闪石+黑云母;磁铁矿+石英;普通角闪石+斜长石+黑云母+石英等)、变形时温度(500~550 °C)、压力(0.4~0.8 GPa)和上壳岩与英云闪长岩二者变形条带相交(图2A)等,表明该期变形作用是在低角闪岩相条件下大于2 600 Ma发生的,相当于中构相变形产物。



图1 吉林板石沟地区地质图

Fig.1 Geological map of Banshigou area Jilin province

## 3 阜平旋回第一幕变形特征

英云闪长岩主动侵位形成卵形构造与北东向浅一中构相相交切构成该幕主要变形特征。 (1)在英云闪长岩中可识别出早期卵形构造。按面状构造产状分布规律,在跳石趟沟至西 坡口之间可组成向南西凸出的弧形,在干饭盆一带可组成向北东凸出的环形,总体构成一个不 甚完整的卵形构造,图 \cad gm形体两端主要由出粗粒片麻理和不均匀条带状构造组成,面理//



图 2 板石沟上壳岩变形特征

Fig. 2 Deformation characteristics of the upper crust rocks in Banshigou area

产状向内倾,倾角 42~60°。矿物线理产状 65°,330°;16°,37°。在卵形构造中心开荒队等地, 组成岩石的矿物粒级多为粗粒结构,弱片麻状和岩浆流动状构造普遍发育,但难已测到矿物拉 伸线理。卵形体内、外构造要素的这种差别是岩浆底辟成因的典型特征。

(2) 叠加于卵形体之上的面状构造划分为3个应变带:①叶水河子一回头沟韧变弱带,带 内条带状构造出露较少,延伸方向较乱。在回头沟一带呈北东向,在叶水河子一带呈南北向和 北西向分布;②跳石趟沟一干饭盆韧变中带,长达24km,宽7.5km。片麻状构造为主,少量 条带状构造,总体呈北东向分布,在干饭盆和跳石趟沟一带切割卵形构造清楚。卵形构造核部 开荒队和干饭盆南西一带面理少;③板石沟一八道羊岔北韧变强带,长15km,宽5km。条带 状构造发育,呈北东向线性分布,偶见卵形构造南东翼的残迹。上述3个带依据各自面理构造 发育多少和原卵形体被破坏的程度,由北西向南东变形程度依次增强。

(3)条带状构造次生成因类型主要为:①构造变质分异条带:由弱片麻状构造逐渐过渡为 片麻状和条带状构造,具透入性。②构造置换条带:依晚期弱片麻理切割早期条带和 30 条铁 矿"层"经包络面总体形态恢复,原板石沟铁矿主要为两层,表明构造置换条带的存在。③复合 条带:角闪石岩包体和分枝长英质脉随应力增强,包体由不规则透镜状变为长透镜状,分枝脉 间夹角逐渐变小并同钾长石斑晶一起构成复合条带。

(4)显微组构变形特征:①粒化结构:在矿物边部不规则部位或弯曲边界外凸部位,由于应 力作用,先有小颗粒矿物分离下来,大颗粒矿物再不断地变为小颗粒,产生矿物粒化结构(图 3A)。没有粒化完毕的矿物形成残斑,完全粒化的小颗粒组成岩石基质。能反映残斑和基质 存在的主要标志是石英(残斑 0.95 mm;基质 0.25 mm)、长石(残斑 2.3 mm;基质 0.6 mm)、 黑云母(残斑 0.6 mm;基质 0.2 mm)、角闪石等都呈两个粒级存在,粒级差达 3~4 倍。②不规 则核一幔结构:由主晶和客晶组成。图 3B表示中间部分斜长石主晶称为'核',客晶即主晶边 部有许多重结晶长石和石英细小晶粒称为'幔',二者共同组成核一幔结构。因中构相形成温 压条件比浅构相高,所以常形成斜长石核一幔结构代替石英核一幔结构。③复矿物眼球状结构 ,是不规则核一幔结构进一步受到应力持续作用的产物。当'幔'中的许多细小颗粒与'核' 不断分离时,许多细小斜长石晶粒组成眼球状结构。因组成眼球状结构的矿物还有石英、黑云 母和绿帘石等,故称为复矿物眼球状结构(图 3C,D)。④矿物不均匀集中:主要指那些粒化程 度较弱的黑云母和角闪石等矿物,常由几个或几十个晶粒不均匀聚集,沿剪应力方向构成暗色 矿物带(图 3E),代表韧变强带初期阶段。⑤微条链状结构;针对那些无明显变形的浅色和暗 色矿物各自首尾相连形成的一种定向结构(图 3F),是韧变强带特征性显微标志。

(C前述韧变条带和显微组构既不同于中构相均匀的矿物粒度,也不同于浅构相长石。石英定//w



图 3 板石沟地区英云闪长岩显微变形特征

Fig. 3 Characteristics of micro deformation greisenization diorites in Banshigou area

向拉长那样明显,而是二者交叉出现。

(5)变形与变质作用的对应关系:①变形较弱的地段退变质作用就弱,在砍山斧和老火烧 一带黑云母+斜长石+石英+绿帘石、黑云母+普通角闪石+斜长石+石英+绿帘石、普通角 闪石+斜长石+石英+绿帘石等稳定特征变质矿物共生组合广泛分布。变形较强的地段退变 质作用就强烈,在板石沟一八道羊岔等地,英云闪长岩遭受了强烈的退变质作用。矿物种类明 显发生变化的标志是角闪石和黑云母的绿泥石化,部分黑云母全部转变为叶绿泥石及吸收性 由棕褐色转变为棕绿色等。②经对不同变形强度带内斜长石牌号统计,斜长石牌号随应变增 强依次降低(表1)。在杨树沟和干饭盆等不同地段分别对角闪石、斜长石和黑云母进行矿物 成分测定和统计后的平均值(表2)表明:随应变强度加大,SiO2、FeO 普遍升高和 MnO 降低, 这与区域上较弱的退化变质作用相对应,而Al 2O3 普遍升高明显与变形应力作用有关。

 表 1 英云闪长岩斜长石 An 与变形强度关系

 Tab·1 Relation of Plagioclasts 'An to the deformation intensity of greisenization diorite

 带 变 形 弱 带 变 形 中 带 变 形 强带

分带		受 形	弱	带	受	形 中	带		形 强	带
薄片号	4040 <b>L</b> -23	4040L-26	∯4040L	-2①4040L-2②	4040L-12	4040L-13	4040L-15	4552L-1①	4552 <b>L</b> -1②	4552 <b>L</b> -1④
An	42	56	37	33	37	37	36	37	35	35
平均值	38.33			36.6			35.6			

(6) 韧变带形成边界条件:①应力差值的估算:选核幔结构边缘重结晶石英粒度较小而均匀,颗粒边界平直而规整等完全具有变形作用导致动态重结晶的颗粒统计,获得石英颗粒粒度的算术平均值为0.1479 mm,代入公式 $\delta_1 - \delta_3 = 5.56 \times 0.1479^{-0.68} = 20.40$  MPa,确定该变形带的古应力为20.40 MPa。卵形构造(4040点)与韧性变形带(4552点)二者石英应变值的不同,反映本区深成岩浆定位与后期变质变形不同演变过程的差异。②变形时温压条件的确定:在缺少特征变质矿物条件下,通过不同应变分带矿物成分规律性的变化来讨论变形时的温压条件。将表。2数据进行处理,求出K Ca Na 阳离子系数,结果分别代入斜长石一角闪石矿,

物对温压条件公式 X<sup>Am</sup><sub>Ca</sub> =( Ca /Ca +K +Na) Am 、X<sup>R</sup><sub>Ca</sub> =( Ca /Ca +K +Na) H , 把得 X<sup>Am</sup><sub>Ca</sub>和 X<sup>R</sup><sub>Ca</sub> 数值

rab. 2 relation of deror nation intensity to the innerat composition												
变形	李山口	样品				量ク	分析	结果	(%)			
分带	海斤亏	名称	Na 20	MgO	<b>Al</b> 2 <b>O</b> 3	Si O 2	K 20	Ca O	Ti O $_2$	MnO	Fe O	Σ
	4040L-12	Pl	7.66	0.07	26.48	59.42	0.20	4.08	0.35	0.26	0.26	98.78
ı+ı		Hb	1.55	9.53	11.63	42.51	1.53	9.41	0.89	0.66	19.59	94.25
Т	4040L-13	Pl	1.45	9.33	15.03	58.40	1.48	9.40	0.89	0.66	20.29	99.58
		Hb	7.89	0.12	26.88	41.05	0.33	4.15	0.42	0.21	0.36	98.76
带	4040L-15	Pl	7.97	0.09	27.12	57.74	0.25	4.09	0.35	0.31	0.41	98.33
		Hb	0.30	12.72	13.96	42.68	0.16	6.42	0.75	0.71	19.61	97.31
	4040L-2④	Pl	8.23	0.10	21.54	61.88	0.42	4.13	0.30	0.29	0.38	97.27
		Hb	0.22	10.99	16.10	36.97	9.52	0.28	1.76	0.79	18.88	95.51
弱	4040L-22	PI	7.90	0.07	24.20	63.64	0.30	4.24	0.30	0.29	0.27	101.21
	4040L-23	Pl	1.38	9.41	10.45	62.42	1.27	8.90	0.81	0.85	19.03	95.01
带		Hb	7.37	0.09	24.96	42.91	0.32	4.81	0.30	0.29	0.38	100.94
	4040L-2①	Pl	8.90	0.06	20.24	63.98	0.28	2.59	0.45	0.29	0.22	97.01
		Hb	1.45	8.56	11.15	42.65	1.29	9.16	0.88	0.79	19.39	95.32
	4552L-1①	Pl	7.45	0.10	23.10	61.78	0.26	4.64	0.38	0.35	0.38	98.44
诏		Hb	1.09	12.34	10.88	44.41	0.89	9.90	0.67	0.68	15.56	96.42
)H	4552L-12	PI	0.93	13.11	11.08	63.42	0.39	9.88	0.52	0.63	14.48	96.49
		Hb	8.10	0.09	21.66	45.47	0.20	4.18	0.38	0.29	0.32	98.64
帒	4552L-1④	PI	8.07	0.07	23.43	63.50	0.20	4.18	0.30	0.35	0.32	100.42
		Hb	1.15	12.33	11.06	44.33	0.64	10.18	0.74	0.63	14.60	95.66
弱带平均值		Pl	8.10	0.08	22.74	62.98	0.33	3.94	0.34	0.29	0.31	99.11
		Hb	1.42	8.99	10.80	42.78	1.28	9.03	0.85	0.82	19.21	95.65
中带平均值		PI	7.84	0.09	26.83	58.52	0.26	4.11	0.37	0.26	0.34	98.60
		Hb	1.10	10.53	13.54	41.08	1.06	8.41	0.84	0.68	19.83	97.06
强节	带平均值	Р	7.87	0.08	22.73	62.90	0.22	4.33	0.35	0.33	0.34	97.58
		Hb	1.06	12.59	11.00	44.73	0.64	9.98	0.64	0.65	14.88	96.19

表<sup>2</sup> 变形强度与矿物成分变化关系 Fab · <sup>2</sup> Relation of deformation intensity to the mineral composition

注:长春科技大学电子探针室测定

#### 表<sup>3</sup>英云闪长岩应变强度与X<sup>Am</sup>、X<sup>R</sup>和AI对应关系

Tab $\cdot^3$	Relation of the	deformation intensity to	X <sup>Am</sup> X <sup>H</sup> and	Alin	greise ni zati on	diorites
---------------	-----------------	--------------------------	------------------------------------	------	-------------------	----------

分带	变 形	弱带	变	形 中	带	变	形强	带		
薄片号	4040L-2①	4040L-20	3 4040L-12	4040L-13	4040L-15	4552L-1①	4552L-12	4552L-1④		
${\rm X}_{Ca}^{{\rm Am}}$	0.6876	0.689 3	0.670 3	0.6818	0.897 5	0.765 5	0.8214	0.781 6		
平均值	0.	69		0.75		0.79				
$\mathbf{X}^{\mathbf{H}}_{\mathbf{Ca}}$	0.136 1	0.2596	0.224 6	0.220 5	0.218 2	0.2517	0.219 1	0.2197		
平均值	0.	20		0.22			0.23			
Al	2.017 7	1.892 2	2.124 8	2.620 5	2.470 7	1.906 0	1.928 2	1.946 6		
平均值	1.9	955		2.405			1.927			

387





(表3)投入图 4A,将表1斜长石An 平均值投入图 4B,表3数值投入图 4C,测得变形温度由高 到低 562.5~550~542~490℃,压力由低到高 0.7~0.85 GPa。温压条件的连续性变化与变 形强、中、弱带相吻合,结合岩石内有少量角闪石和大量黑云母存在,故英云闪长岩韧性变形带 以中构相为主并逐渐向浅构相过渡,简称浅一中构相。③变形机制,从石英轴率统计结果看 (图 4D),大部分点排成单行,与K =1线保持一定距离并呈 15°夹角,说明本区浅一中构相变 形以压扁作用为主,兼有单剪作用。

# 4 阜平旋回第二幕变形特征

与英云闪长岩相接触地段形成黑云钾长花岗边缘片麻岩为该期旋回主要变形产物。韧变 带主要位于黑云钾长花岗岩与英云闪长岩之间接触地段(图1),分布有大小不等、形态各异 (尖棱角状、透镜状和浑圆状)的暗色岩包体,与变形面理一起形成岩体边缘片麻岩带。带宽  $500 \sim 1000 \, {\rm m}$  不等,延伸一般为  $2 \sim 3.5 \, {\rm km}$ ,带总体长度和宽度随远离接触带逐渐变短而窄, 最后过渡到以少量片麻理为标志的变形弱带。韧变条带成因类型也可归属为构造变质分异、 构造置换和构造复合等,但具体构成相当于浅一中构相和浅构相二者特征兼有之,条带状构造 不具透入性;条带宽窄度差别大2mm~20cm);假流动褶皱发育;条带组成成分复杂和局部 片理形成等。显微变形组构特征可划分两大类:接近中构相显微变形组构和类似于浅构相显 微变形组构,前者以花岗结构为主组成剪切面,后者以花岗变晶结构组成被剪切面,二者由均 匀过渡到交切呈连续演变关系。据叶绿泥石十白云母十钠长石这一新生稳定矿物组合的存 在,变质程度以绿片岩相为主。依黑云钾长花岗岩不同变形强度应变分带温度(530~525~ 520~460 ℃)、压力(0.9~0.65~0.6~0.3 GPa)条件测定,古应力差值(21.72 MPa)比早期浅 一中构相 20.40 MPa) 大,表明岩浆体由深至浅向上侵入,相对于围岩运动形成剪切力(右型 单剪应变为主)。在深部塑性和半塑性态岩体周边发生压扁、剪切拉伸和构造变质分异,同时 与围岩一起发生同化混染,复合、置换,矿物拉长定向和退变等,使岩体边缘形成一套具深、浅 环境过渡性质的片麻状和条带状构造,又称中一浅构相韧变带House. All rights reserved. http://www

# 5 吕梁旋回早期变形特征

由绿片岩相矿物组合、长石和石英拉长定向构成浅构相糜棱岩为该期主要变形特征。从 珍珠门沟到板石沟有北东向韧性剪切带呈线形分布,长4.75km,宽平均200m,倾向北西,倾 角53~64°。依剪切带切割早期黑云长英片麻岩和磁铁石英岩以及被基底与盖层间断裂所截 来看,韧性剪切形成时代在2300~2000 Ma之间。

斜长石和石英拉长定向极为明显,拉长度分别为1:9和1:11,构成片理构造。在残斑中 见到许多显微剪切破裂、波状消光、变形条带、亚晶粒和核幔结构。按残斑含量和显微变形特 征,被剪切岩石可分为碎斑状糜棱岩、糜棱岩和超糜棱岩。变形时发生明显退化变质作用,角 闪石退变为黑云母和绿泥石,斜长石退变为绢云母。随应力持续作用,黑云母、绿泥石和绢云 母呈主动定向构成片理。因组成片理矿物主要为绿片岩相,所以该期变形统称为浅构相。

### 6 吕梁旋回晚期变形特征

该期主要变形特征是沿层间滑动产生表一浅构相 脆一韧性) 片糜岩。在工作区南边缘新 元古宙老岭群石青沟岩组(2000~1768 Ma) 见有韧性剪切带出露,宽度较窄,25 m 左右,主要 由绢云石英片岩、千枚岩和钙质泥质片岩组成,岩层之间无根褶皱发育,整个石青沟岩组已完 全发生了构造置换。因构造置换时有流体参入,所以原岩石中柱状矿物向片状矿物转化形成 各种类型的次生片岩,形成温度介于 200~450℃之间,压力 0.1~0.2 GPa(相当于葡萄石一绿 纤石相)。泥质(69.8 MPa)和钙质(30.8 MPa)次生片岩中石英古应力差值不同,反映两者之 间发生了相对滑动。鞘褶皱指向 107°和千枚岩线理走向在 345~350°之间,表明该滑动带产 生物质流动方向为 N W W 至 SEE。由此方向大理岩逐渐变为灰岩,变形程度由韧性一韧脆性 最后过渡为脆性多组平行拆离正断层,从韧性位错蠕变向脆性显微破裂作用为主的过渡关系 清楚。显然,次生片岩是一种韧一脆性变形的产物,它既有浅构相韧性糜棱组构的一面,又有 表构相脆性破劈理片理化的一面,统称为片糜岩。

#### 7 地壳演化

#### 7.1 太古宙克拉通形成阶段(分前阜平和阜平两大旋回)

(1)前阜平旋回(26亿年以前)在本区形成一套以玄武安山岩和英安岩双峰式火山建造为主的表壳岩系,古构造环境相当于不稳定的大陆边缘或弧后盆地。至26亿年左右,表壳岩遭受中构相变质和变形作用,形成一系列强塑性流动变形体制下的流褶皱等构造。

(2) 阜平旋回分两幕:第一幕在 25~26 亿年间,原古大陆边缘活动加强,测区及相邻地带 先后产生大规模深成TTG 岩浆底辟侵位,形成一系列卵形构造。随TTG 岩浆深成侵入体逐 渐降温固化,发生绿帘角闪岩相区域变质和浅一中构相韧性变形作用,形成一系列北东向线性 浅一中构相韧性变形带并穿切早期卵形构造。第二幕在 24 亿年左右,属大陆弧黑云钾长花岗 岩侵位,在与TTG 岩系相接触地段形成黑云钾长花岗岩边缘片麻岩一中浅构相韧变带。此 时超基性一基性岩脉侵位,龙岗陆核不断增厚并逐渐向造山环境演化,克拉通最终形成。

#### 7.2 元古宙裂谷系产生阶段(分为吕梁旋回早期和晚期)

C吕梁旋回早期、23~20亿年),随之龙岗陆壳普遍刚化,许多变辉绿岩脉和浅构相韧变带////

形成;吕梁旋回晚期 20~17.68 亿年),在板石沟南堆积一套老岭群碳酸盐岩建造,组成一条 元古宙裂谷系,五台运动使裂谷系内地层间发生韧一脆性滑动,形成一套片糜岩呈北北东向分 布。中元古宙又接受一套青白口系地层沉积。

综上所述,吉南前寒武纪变质岩内韧变序列发育,各期面状构造形成于不同温压条件,产 生特征性韧变标志:前阜平旋回中构相细粒结构细条带;阜平旋回第一幕浅一中构相中粗粒过 渡性条带;阜平旋回第二幕中一浅构相岩浆边缘体局部性条带;吕梁旋回早期浅构相线性糜棱 岩;吕梁旋回晚期表一浅构相层间片糜岩。为地质事件的建立和重塑地质演化提供了新内容。

#### 参考文献:

[]] 杨振升·构造相与变质岩区构造研究[J]·长春地质学院学报,1987.

# The Precambrian ductile deformation sequence and crustal evolution in Banshigou ,South Jilin

SUN Zhong shi<sup>1</sup>, FENG Ya min<sup>2</sup>, YANG Xiao dong<sup>1</sup>, YANG Yong qiang<sup>1</sup>

(1. Changchun University of Science and technology, Changchun, Jilin 130026, China;
 2. Jilin Bureau of Geology and Mineral Resources, Changchun, Jilin 130061, China)

Abstract :The 1:50 000 mapping revealed a set of ductile deformation belts in the metamorphic rocks in Banshigou area · Five deformation episodes could be identified in the area :Pre Fuping episode at intermediate depth episode <sup>1</sup> of Fuping cycle at shallow to intermediate depth episode <sup>2</sup> of Fuping cycle at intermediate to shallow depth .early L Wang cycle at shallow depth .late L Wang cycle at surficial to shallow depth .The foliations are characteristic of ductile deformation , suggesting that the nearly E -W striking Longgang massif consists of tectonic accumulation corre - sponding transfer from ductile to brittle deformation and from mobile to stable setting . Key words :Precambrian structure :ductile deformation sequence crustal evolution ;Jilin