

苏北锦屏地区构造变形及片麻岩舌状体成因研究

潘明宝^{1,2} 陈火根² 解国爱¹ 张庆龙¹ 陈守矩²

(1. 南京大学地球科学系, 江苏 南京 210093; 2. 江苏省地质调查研究院, 江苏 南京 210018)

摘要: 通过对锦屏山地区详细填图, 确认了苏鲁造山带南缘超高压变质带与高压变质带的界线性质为一韧性剪切带, 锦屏地区不存在区域性褶皱, 而是由于胸山花岗质片麻岩和云台岩群变质火山岩构成强干岩层, 锦屏岩群变质沉积岩构成软弱岩层, 形成夹心饼式(layer cake assemble)组合, 在印支期右行剪切作用下, 形成不均一剪切, 使胸山花岗质片麻岩形成长约 10 km, 宽约 5 km 的无根剪切舌状体, 物质运动方向指向南。

关键词: 韧性变形; 走滑剪切; 舌状褶皱; 苏鲁造山带

中图分类号: P588.34 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2003)04-0382-06

江苏省东北部地区位于苏鲁造山带南缘, 由构成超高压变质带的东海变质杂岩及其南侧的锦屏高压变质带组成, 二者之间的接触性质以及高压变质作用与超高压变质作用的关系是研究苏鲁造山带的关键地质问题之一。与大别造山带对比, 相当于大别造山带的南部 3 个变质构造单元, 即扬子北缘蓝片岩带、宿松变质杂岩带和南大别碰撞杂岩带^[1]。于津海等^[2]将出露于江苏连云港、灌云、沭阳、盱眙等地的浅变质岩系称之为苏北高压变质带, 并认为泗洪—赣榆断裂是分隔高压变质带和北侧超高压变质带的重要地质界线, 高压变质作用与超高压变质作用不是同时发生, 而是与超高压变质体的退变质作用同时发生于中生代的印支期。

锦屏山位于江苏省连云港市海州南, 山体主体为花岗质片麻岩, 沿山体西侧、南侧、东侧有磷矿资源分布, 构成著名的“海州式”变质型磷矿, 锦屏山山体北西侧为超高压变质带东海杂岩分布区, 发育有含柯石英(或假像)榴辉岩, 东侧为高压变质带锦屏岩群和云台岩群(图 1)。由于地表覆盖的影响, 苏鲁造山带两大变质带的界线仅在锦屏山地区有天然出露, 因此, 该地区成为研究苏鲁高压、超高压变质作用的重点地段。对东海超高压变质带与锦屏高压变质带两者界线带锦屏山地区构造变形的研究, 认为分隔高压变质带与超高压变质带的界线并非为泗洪—赣榆断裂带, 而是沿连云港台北镇、锦屏、沭阳滥洪、泗洪洋河一带分布的韧性剪切带, 两期韧性变形特征明显, 早期具有逆冲性质, 晚期具右行平移剪切特征, 可能与郯庐断裂的左行剪切具成生联系。

1 研究历史及区域地质

1.1 研究历史

锦屏磷矿 1919 年即已发现并开采, 磷矿主体为变质磷灰石岩和含磷大理岩, 过去一直作为扬子准地台北缘变质沉积地层, 区域上可与安徽宿松、湖北红安等地含磷变质地层对比, 时代属中元古代, 孙竟雄等^[3]认为海州群锦屏组不整合于下伏东海群之上, 二者之间存在底砾岩, 薛林家^[4]根据锦屏组底部存在的含砾石英片岩, 推断存在海州运动。

1947 年, 赵家骧、董南庭进行磷矿地质调查时提出, 锦屏地区为一倒转背斜构造, 东翼为正常翼, 西翼为倒转翼, 轴面倾向东, 成为锦屏地区构造格架的经典认识, 但在锦屏东山和西山两侧磷矿体及变质地层无法对比。唐炎森^[5]根据锦屏东山西山两翼构造的深入研究, 提出锦屏地区由一超平卧位态翻卷褶皱构成, 核部为胸山花岗片麻岩, 两翼为变质地层, 认为早期形成直立褶皱, 在进一步变形过程中发生斜歪、倒转, 最后经过平卧褶皱阶段, 发展到翻卷褶皱。

上述观点一直是锦屏地区构造格架的基础, 但无法指导沿该成矿带的找矿, 锦屏山两侧虽然均有锦屏岩群含磷地层分布, 但分属于不同层位变质地层, 东侧为锦屏岩群上含磷段, 西侧为下含磷段, 而且东侧广泛出露的云台岩群变质火山—碎屑沉积地层在锦屏西侧未见发育, 因而难以用传统的褶皱观点解释该地段的构造。

在连云港地区 1:5 万区域地质调查中认为片麻岩与磷

收稿日期: 2002-05-22; 改回日期: 2003-05-29

基金项目: 江苏省国土资源厅科研项目苏鲁造山带南缘构造演化与成矿作用。

作者简介: 潘明宝, 男, 1965 年生, 博士生, 高级工程师, 主要从事苏鲁造山带区域地质调查和科研工作; E-mail: andypans@163.com。

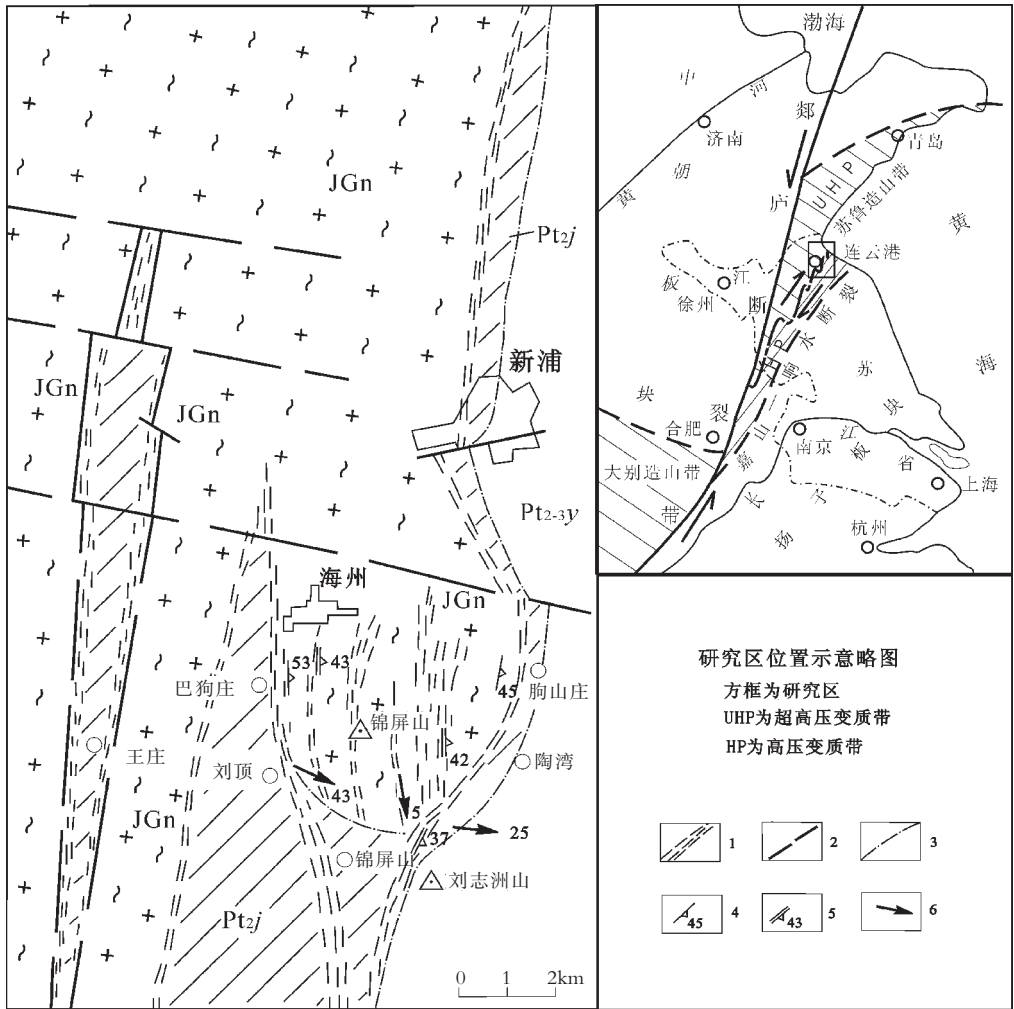


图 1 锦屏地区地质图及区域位置 (据于江苏地质六队^①)

JGn—胸山花岗质片麻岩;Pt_{2j}—锦屏岩群含磷岩系;Pt_{2-3y}—云台岩群

1—韧性剪切带;2—隐伏断层;3—地质界线;4—片麻理;5—糜棱片(麻)理;6—拉伸线理

Fig. 1 Geological sketch map of the Jinping area showing the location of the study area

JGn—Jushan granitic gneiss; Pt_{2j}—Jinping Group—complex (phosphatic rock seres); Pt_{2-3y}— Yuntai Group—complex;

1—Ductile shear belt; 2—Hidden fault; 3—Geological boundary; 4—Gneissosity;

5—Mylonite foliation in quartz schists and granitic gneiss; 6—Lineation

矿变质地层之间为角度不整合接触,后期为韧性剪切作用叠加形成构造片岩^②。

1.2 胸山花岗质片麻岩地质特征

分布于锦屏山的花岗质片麻岩为变质花岗质侵入岩,称为胸山花岗片麻岩,属奥长花岗岩—花岗岩系列,具壳幔混合源深成侵位特征,形成于晚元古代。

胸山片麻岩主要岩石类型有粗粒花岗质片麻岩和细粒花岗质片麻岩,以前者为主,二者之间为渐变过渡接触,总体

呈浅肉红色至灰白色,斑状花岗变晶结构或不等粒花岗变晶结构,块状构造,具弱片麻理,片麻理发育程度与韧性剪切带变形强弱关系密切。

粗粒花岗质片麻岩构成锦屏山主体,岩石化学富硅、碱,贫铝、镁、钙、铁,在 K-A 相关图解投入火成岩区,在 An—Ab—Or 图解落入花岗岩区,分类投影为碱性花岗岩。细粒花岗质片麻岩出露于锦屏山南麓,矿物粒度一般小于 1 mm,片麻理较弱,原岩恢复为奥长花岗岩。徐惠芬等^④测得

① 江苏地质六队.江苏省锦屏磷矿(海州式)矿床地质特征研究报告.1987.

② 江苏地调所.连云港幅、连云港镇幅、墩尚幅、东辛农场幅 1:50 000 区域地质调查报告.1994.

的胸山花岗质片麻岩锆石(U-Pb法、Pb-Pb法)同位素年龄结果,岩浆成因锆石的年龄集中于820 Ma左右,变质成因的锆石年龄为271 Ma,并认为胸山片麻岩原岩形成于新元古代晋宁期,印支期(271 Ma)被解释为片麻岩经历超高压变质作用的证据。

1.3 锦屏岩群及云台岩群地质特征

锦屏至台北镇一线以东,由锦屏岩群和云台岩群构成,属锦屏浅变质构造地层地体,变质地层为中晚元古代锦屏岩群和云台岩群组成,变质作用以低角闪岩相至绿片岩相变质为主,走向上该变质构造地层地体分布于锦屏—濞洪—洋河一线与响水—淮阴断裂之间。

锦屏岩群地表见于锦屏山南西侧,由下部西山岩组和上部东山岩组构成,西山岩组变质岩石为暗绿色绿泥(云母)片岩夹大理岩、磷灰岩、石英岩、石墨片岩和锰磷矿透镜体,底部为砾状白云石英片岩,与胸山花岗片麻岩构造接触,过去视之为不整合,经观察认为存在强烈剪切作用,是构造砾岩。上部东山岩组为(含角闪石)白云钠长变粒岩、含石榴石二云变粒岩、(含磷)大理岩夹磷灰岩与灰绿色绿泥钙质云母片岩互层,底部为具白色斑点的灰绿色钙质云母片岩,二者为韧性剪切带构造接触。岩石变形强烈,岩层发生褶皱和滑脱,厚度在走向上变化很大,数十米至数百米不等。变质建造为大理岩-磷灰岩-变粒岩-片岩,原岩为细碧岩-长英质碎屑岩-磷块岩-碳酸盐岩沉积建造,是一套碎屑化学沉积岩,形成于陆缘陆棚海环境。

据研究区内陶湾、新浦、台北镇等地钻孔揭露,锦屏岩群地表之下在连云港市台北镇、新浦、陶湾一带呈北北东向钩状、带状分布(图1),夹于胸山片麻岩与云台岩群之间,而在锦屏山西侧王庄、张湾一带呈近南北向构造透镜体存在于胸山片麻岩中,区域上大浦、濞洪、洋河等地钻孔中也有分布。同位素测年为1735~1701 Ma(磷灰石U-Pb法)^①,属中元古代。

云台岩群分布于连云港市云台山区及沐阳至灌云一带残丘,以变粒岩和浅粒岩为主,由下部竹岛岩组、中部韩山岩组和上部花果山岩组组成。研究区内见于刘志洲山,属竹岛岩组,主要岩性为白云变粒岩、二云变粒岩、含白云钠长浅粒岩或变粒岩,夹含黄铁矿浅粒岩及斜长白云片岩,原岩为一套中酸-酸性火山碎屑沉积岩,沉积大地构造环境应为活动性大陆边缘。典型变质矿物为绿帘石+斜长石,变质作用为低绿片岩相。全岩Rb-Sr法测得同位素年龄为929 Ma^②。

1.4 地球物理场特征

在1:10万 ΔT 航磁异常图(图2)上,海州构造带中存在两个弧形磁异常,一个为锦屏异常,另一个为台北镇异常,

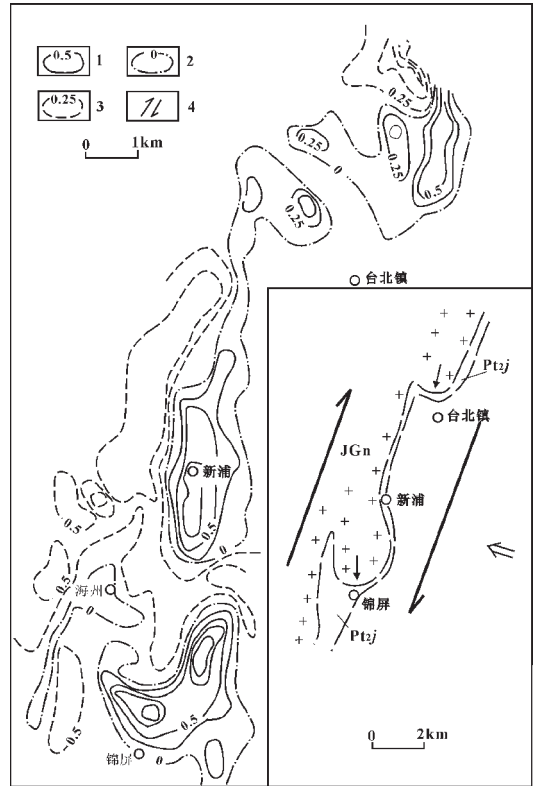


图2 锦屏—台北镇弧形磁异常及解释示意图

- 1—正磁场等值线;2—零磁场等值线;3—负磁场等值线;
4—剪切运动方向;JGn—胸山花岗片麻岩;Ptj—锦屏岩群
Fig. 2 Schematic map showing aeromagnetic anomaly of the Jinping-Taibeizhen arc and its interpretation
1-Positive isolines of the magnetic field; 2-Zero isoline of the magnetic field; 3- Negative isolines of the magnetic field;
4-Direction of shear deformation; JGn-Jushan granitic gneiss;
Ptj-Jinping Group-complex (phosphatic rock series)

屏弧形磁异常以含磁性矿物的胸山片麻岩为弧形内核,以无磁性矿物的锦屏岩群含磷岩系为外围,弧形磁异常偏位于含磷岩系之上表明在锦屏岩群之下有胸山片麻岩的分布。在重力异常图上,胸山片麻岩表现为重力低值区。对该异常数据进行处理, ΔT 化极上延1 km、上延3 km异常图上,此弧形异常仍有较清晰的显示,表明胸山片麻岩在深部延伸达3 km,在1:10万 ΔT 航磁化极上延5 km异常平面图上,该弧形异常完全消失,代之以夹于墩尚—濞洪一线至猴嘴—板浦一线之间的负异常带,向两侧磁等值线梯次增高,可以确定在5 km以下该带均为锦屏岩群含磷岩系,也就是说,锦屏一带地表所见的胸山片麻岩在深部是无根的。

① 江苏地质六队. 江苏省锦屏磷矿(海州式)矿床地质特征研究报告. 1987.

② 山东省区调队. 赣榆幅(1:200 000)区域地质调查报告. 1982.

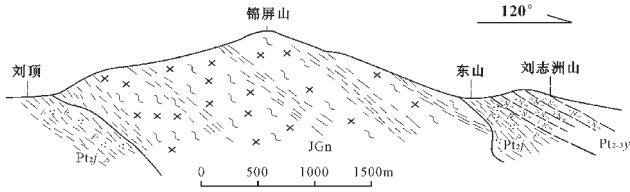


图 3 锦屏刘顶—刘志洲山构造剖面

JGn—胸山花岗片麻岩;Ptj—锦屏岩群含磷岩系;Pt₂₋₃J—云台岩群

Fig. 3 Structural cross section of Jinping Mountain

JGn—Jushan granitic gneiss; Ptj—Jinping Group—complex (phosphatic rock xeres);Pt₂₋₃J—Yuntai Group—complex

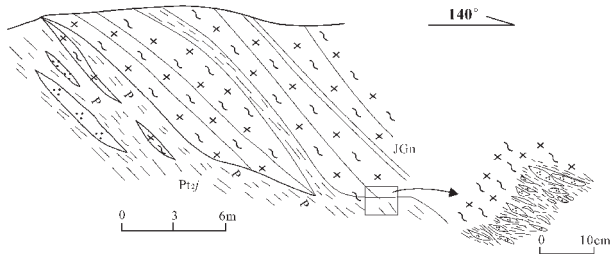


图 4 刘顶含磷岩系与花岗质片麻岩的构造接触关系

JGn—胸山花岗片麻岩;Ptj—锦屏岩群含磷岩系;P—二叠系

Fig. 4 Structural contact relationships between the Liuding phosphatic rock series and granitic gneiss

JGn—Jushan granitic gneiss; Ptj—Jinping Group—complex (phosphatic rock xeres);P—Permian

2 韧性变形特征

在胸山片麻岩中韧性变形主要表现为数条呈北北东向展布的窄带状糜棱片麻岩(图 1~3),矿物发生明显的细粒化,强制性糜棱片麻理继承早期弱片麻理发育,糜棱片麻理(Sm)产状大多为 85°~100°∠40°~65°,东侧较缓,西侧较陡,出露宽度数十至数百米不等。岩貌上多硅白云母含量明显增高,局部可达 10%,糜棱片麻理密集发育,具 S—C 组构特征,粒度递减,残斑主要为长石和长英质集合体,可见长石斑晶及眼状长英质集合体、片柱状矿物发生旋转定向排列,运动指向显示出由东向西的逆冲推覆作用,是一种较为典型的中浅构造层次变形,据苏鲁造山带构造研究^[7],此种构造作用区域上发生于印支期。但于锦屏山南东侧发现存在拉伸线理,产状为 165°~175°∠5°~10°,较平缓,走向近南北,反映略向南倾的运动指向,运动性质为近于南北向的平移剪切。区域应力场特征为右行剪切,花岗质片麻岩向南运移,叠加于早期逆冲推覆构造之上。

锦屏岩群内岩石早期变形表现为顺层剪切流变,发育层内无根褶皱、平卧褶皱,核部明显加厚,翼部极度拉薄,层

间大量出现构造片岩,局部发育锥褶皱,类似褶皱层构造,变质地层在走向上、倾向上均有明显减薄或加厚现象,钻探结果证实,在锦屏磷矿区内含磷地层厚度变化于 160 m 至 500 m,磷矿体及大理岩多呈透镜体包于白云石英片岩之中或为构造片岩层分割。运动指向表明自南东向北西存在推覆作用,与片麻岩中的韧性剪切指向明显不同,但与整个苏鲁造山带逆冲指向一致。镜下观察,变形岩石恢复作用显著,重结晶作用完全,具超塑性流变特征,属早期构造变形,形成时间与花岗质片麻岩中早期变形相当。

在锦屏西山采区刘顶附近,胸山片麻岩与锦屏岩群呈典型的韧性构造接触,形成北北西向韧性剪切带,出露长度约 3 km,北部较宽,大于 100 m,该剪切带东侧为糜棱片麻岩,西侧为构造片岩(图 4),剪切带中心位于两种岩性交接部位。胸山花岗质片麻岩形成薄纹层状细粒糜棱片麻岩,宽近 100 m,向东渐变为中细粒层状糜棱片麻岩和中粗粒 S—C 糜棱片麻岩(含变形残斑),宽大于 100 m,糜棱片麻理(Sm)为 90°~130°∠35°~55°。锦屏岩群变质地层中白云石英构造片岩可见石英集合透镜体发育,成分分异强烈,内夹花岗质糜棱片麻岩透镜体和石英岩、大理岩、磷块岩透镜体,强烈压缩、拉伸,糜棱片理(Sm)为 90°~120°∠40°~55°,拉伸线理 La 为 100°∠45°,运动指向东,反映了早期韧性变形为由东向西的逆冲推覆,白云石英构造片岩中白云母 b₀ 值为 9.054×10⁻⁶m,为一种构造应力变质矿物。往南至锦屏中学、锦屏磷矿,片麻岩中片麻理与锦屏岩群中片理产生明显交角,在锦屏岩群中可见较多的花岗质砾石,过去曾被解释为底砾岩,但成分上与胸山片麻岩相同,大小不一,数厘米至数十厘米不等,大多呈棱形,定向排列,部分呈连续的串珠状,长轴方向平行于构造片岩中的片理方向,因此是一种假砾岩,形成于胸山花岗质片麻岩与锦屏岩群之间的构造剪切作用,不具备地层意义。

在锦屏附近,由于地表覆盖的影响,含磷变质地层中并未发现近南北走向的运动指向标志,但井下磷矿体中存在近南北的运动形迹,表明近南北向的构造运移对成矿有一定的控制作用,与片麻岩中存在的近南北构造运动相吻合。

3 舌状片麻岩成因的讨论

区域上,如图 1 所示构造格局和图 2 所示地球物理场异常,在连云港台北镇、沭阳县濞洪及泗洪县洋河存在相似现象,其中台北镇、濞洪经过钻探工作已证实存在磷矿成矿作用,因此,解剖沿苏鲁造山带南缘超高压变质带与高压变质带之间的这种构造型式及成因机制,可以指导下一步的磷矿找矿工作。

沿台北镇、锦屏、濞洪至洋河一线,从北西往南东,北西侧为超高压变质带东海杂岩花岗片麻岩,南东侧依次出现锦屏岩群含磷岩系和云台岩群变质海相火山碎屑沉积岩系,过去一直认为锦屏岩群沉积于东海片麻岩之上,云台岩群沉积于锦屏岩群之上,但同位素年龄资料显示,锦屏岩群为中元

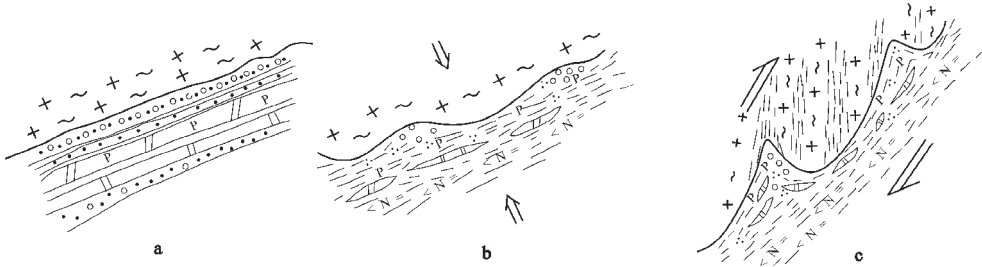


图5 锦屏舌状褶皱形成演化示意图

P—二叠系;N—新近系

Fig. 5 Evolution of a tongue-like fold in the Jinping area

P—Permian;N—Neogene

古代沉积产物,而云台岩群原岩为晚元古代产物,两者相差8亿年,常任之^[2]提出两者之间存在一层斑点片岩,具韧性剪切层间滑动特征,而胸山片麻岩原岩侵入可能更晚于云台岩群的形成^[4],无法形成完整的沉积序列。从刘顶片麻岩与含磷岩系关系看,二者之间为韧性剪切带是没有疑问的。因而笔者认为,高压变质带是一个经过长距离运移的构造杂岩体,内部为一系列构造岩片,这种看法与汤加富等^[5]对大别山宿松岩群解体的研究结论相似,但缺乏精确的同位素定年资料的辅证。

基于构造岩石的分析、矿区钻探资料和物探资料分析,笔者认为所谓锦屏倒转背斜或翻卷褶皱并不存在,而是在早期区域性北西至南东向挤压条件下,由于片麻岩与变质地层之间存在显著的能干性差异(图5-a),韧性剪切作用使片麻岩与变质地层之间形成肿缩构造(图5-b),后期在沿剪切带右行剪切应力场作用下,发生近南北向平移剪切,片麻岩呈无根舌状体(长约10 km,宽5 km)插入变质地层中,类似于鞘褶皱(图5-c)。

胸山花岗质片麻岩中钾长石 Ar-Ar 法测年^[6]表明苏鲁造山带存在两次快速抬升作用(172~196 Ma 和 105~123 Ma),王小凤等^[7]研究郟庐断裂带认为,这两个时期对应着郟庐断裂带发育史中的左行平移期(早侏罗世)和拉张期(早白垩世),锦屏地区近南北向走滑平移构造活动显然与郟庐断裂带的走滑活动有关。在郟庐断裂带派生应力场作用下,东侧往北运移230~270 km,由于东海杂岩主要由花岗质岩石构成,刚性较大,而发生挤出作用,在超高压变质带和高压变质带之间局部产生右行剪切应力场进行物质调整,从而形成沿该构造带发育的多个片麻岩舌状体(图1)。

4 结 论

胸山片麻岩内韧性剪切带走向北北东向至近南北向,与郟庐断裂近于平行,运动性质与郟庐断裂相反,表现为右行剪切,共同构成统一的剪切应力场。

胸山片麻岩这种构造现象的形成与特定的地质背景有

密切联系,片麻岩为强干岩石,锦屏岩群主要由大理岩、石英岩、磷块岩及白云石英片岩构成,能干性差,其上为相对强干的云台岩群限制,形成夹心饼干式岩层组合,在相同的构造物理环境下,上下岩层以不均一剪切变形为主,而锦屏岩群则表现为完全的塑性流变特征。晋宁期在华北板块与扬子板块A型碰撞大地构造背景下,区域性北西—南东向挤压作用形成肿缩构造;印支期在郟庐断裂左行平移应力场中,局部形成右行平移应力场,使胸山片麻岩和锦屏岩群发生右行平移走滑,片麻岩呈舌状体漂浮于锦屏岩群中。

文中插图由江苏地质调查研究院张于和李菊工程师清绘,野外工作中得到许志琴院士和邱海峻博士的指导,在此一并致谢。

参考文献 (References):

- [1] 魏春景,陈斌,张翠光,等.大别地区的变质作用及与碰撞造山过程的关系[J].地质力学学报,2000,6(3):25~38.
Wei Chunjing, Chen Bin, Zhang Cuiguang, et al. Metamorphism of Dabie mountains and its relationship with the collisional orogeny [J]. Journal of Geomechanics, 2000, 6 (3):25~38 (in Chinese with English abstract).
- [2] 于津海,王赐银,林黎明.苏北高压变质带及其与北侧超高压变质带的关系[J].地质学报,2001,75(1):82~90.
Yu Jinhai, Wang Ciyin, Lin Liming. The nature of HP metamorphic zone and its relationship with the UHP metamorphic zone in Northern Jiangsu, China [J]. Acta Geologica Sinica, 2001, 75 (1): 82~90 (in Chinese with English abstract).
- [3] 孙竟雄,吕恩茂,曹德民,等.苏北变质地质的几个问题[J].中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊,1988,9(1):78~89.
Sun Jingxiong, Lü Enmao, Cao Demin, et al. The metamorphism of Proterozoic Haizhou Group, Northern Jiangsu [J]. Journal of the Nanjing Institute of Geology Chinese Academy of Geological Sciences, 1988, 9(1):78~89 (in Chinese with English abstract).
- [4] 薛林家.论海州运动[J].江苏地质,1987,(3):34~37.
Xue Linjia. The research of the Haizhou movement [J]. Jiangsu Ge-

- ology, 1987, (3):34~37 (in Chinese).
- [5] 唐炎森. 锦屏磷矿翻卷褶皱的研究[J]. 江苏地质, 1990, (4):21~26.
Tang Yanshen. On the structure of the Jinping phosphorus deposit in northern Jiangsu Province[J]. *Jiangsu Geology*, 1990, (4):21~26 (in Chinese with English abstract).
- [6] 徐惠芬, 杨天南, 刘福来, 等. 苏鲁高压—超高压变质带南部花岗片麻岩—花岗岩的多时代演化[J]. 地质学报, 2001, 75(3):371~378.
Xu Huifen, Yang Tiannan, Liu Fulai, et al. Multi-age evolution of granite gneisses—granite in the southern Sulu HP—UHP metamorphic belt. *Acta Geologica Sinica*, 2001, 75 (3):371~378 (in Chinese with English abstract).
- [7] 潘明宝, 张庆龙, 陈火根, 等. 苏鲁造山带南缘岩石—地层格架[J]. 地质通报, 2002, 21(12):845~854
Pan Mingbao, Zhang Qinglong, Chen Huogen, et al. Lithostratigraphic framework on the southern margin of the Su—Lu orogen[J]. *Geological Bulletin of China*, 2002, 21 (12):845~854 (in Chinese with English abstract)
- [8] 常任之. 连云港地区云台组与锦屏组的接触关系[J]. 江苏地质, 1993, 17(2):85~89.
Chang Renzhi. Discussion on the contact relation between Jinping and Yuntai Formations in Lianyungang area [J]. *Jiangsu Geology*, 1993, 17(2): 85~89 (in Chinese with English abstract).
- [9] 汤加富, 侯明金, 高天山. 安徽宿松群的甄别及时代归属[J]. 前寒武纪研究进展, 2000, 23(1):1~10.
Tang Jiafu, Hou Mingjin, Gao Tianshan. Progress in the research of Susong Group and its geological significance [J]. *Progress in Precambrian Research*, 2000, 23 (1):1~10 (in Chinese with English abstract).
- [10] 陈文寄, Harrison T M, Heizeiler M T, 等. 苏北—胶南构造混杂岩带冷却历史的多重扩散域 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 热年代学研究[J]. 岩石学报, 1992, 8(1):1~16.
Chen Wenji, Harrison T M, Heizeiler M T, et al. The cooling history of mélangé zone in North Jiangsu—South Shandong region: evidence from multiple diffusion domain $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ thermal geochronology [J]. *Acta Geologica Sinica*, 1992, 8 (1) 1~16 (in Chinese with English abstract).
- [11] 王小凤, 李中坚, 陈柏林, 等. 郯庐断裂带[M]. 北京: 地质出版社, 2000.
Wang Xiaofeng, Li Zhongjian, Chen Bolin, et al. *Tanlu Fault Zone*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996 (in Chinese with English abstract).

Tectonic deformation and origin of tongue-like gneiss in the Jinping area, northern Jiangsu

PAN Ming-bao^{1,2}, CHEN Huo-gen², Xie Guo-ai¹, ZHANG Qing-long¹, CHEN Shou-ju²

(1. Department of Earth Science, Nanjing University, Nanjing 210093, Jiangsu, China;

2. Jiangsu Institute of Geological Survey, Nanjing 210018, Jiangsu, China)

Abstract: According to detailed mapping in the Jinping area on the southern edge of the Su—Lu orogen, it is affirmed that the boundary between the ultrahigh—pressure metamorphic belt and high—pressure metamorphic belt is a ductile shear zone. No regional folds occur in the area, but instead, as the Jushan granitic gneiss and metavolcanic rocks of the Yuntai Group—complex form a competent rock layer, an incompetent rock layer was formed by metasedimentary rocks of the Jinping Group—complex; they combine to form a “layer cake”—style rock assemblage. In the Indosinian period, dextral shear gave rise to heterogeneous shear deformation; as a result, a rootless tongue-like fold of the Jushan granitic gneiss was formed. It is about 10 km long from north to south and about 5 km wide. The material movement is south—vergent in the Jinping area.

Key words: ductile deformation; strike-slip shear; tongue-like fold; Su—Lu orogen