

文章编号: 1006-6616 (2000) 01-0052-07

苏尼特左旗地区海西末—印支期构造活动特征

高德臻

(中国地质大学, 北京 100083)

摘要: 该文对内蒙古苏尼特左旗地区 NNE 向褶皱的形态、褶皱成生时承受的轴向载荷、压缩量乃至断裂及韧性剪切带的形态和变形域进行了对比研究, 划分了变形序次。在此基础上认为该区存在印支运动的构造形迹, 且该形迹是在海西末期形成的构造形迹的基础上, 在同一区域构造应力场持续作用下递进变形的产物。

关键词: 苏尼特左旗; 海西末—印支期褶皱形态; 变形序次

中图分类号: P551

文献标识码: A

内蒙古苏尼特左旗地区位于华北板块与西伯利亚板块之间的兴蒙褶皱带内。70年代以来, 我国一些学者以板块理论为指导对该地区的地质构造演化, 特别是南、北两大板块汇聚导致的造山运动进行了多方面的研究并得出各自不同的认识^[1,2]。这些认识多以大区域内的宏观分析为主。由于受到当时1:20万区调资料不足的限制, 对该褶皱带的海西期构造变形的特点很少有具体的论述, 尤其是该褶皱带内几乎缺失三叠系地层, 因此, 迄今未见有人对印支运动在该褶皱带内的构造形迹进行过认真地研究。

1992年至1996年, 作者参加中国地质大学(北京)内蒙古区调队对苏尼特左旗3000km²范围1:5万区调工作。研究发现, 二叠纪末至三叠纪中、晚期, 区内岩石和地层中的构造变形具有长期持续发展的特点, 且变形形态和变形强度又具有明显的递进变形特点。

1 区域地质概况

该区海西末—印支期构造主要展布于北纬43°40′以北地区, 由NEE向的一系列褶皱、断裂和韧性剪切带组成该区主体构造格架(图1)。卷入该构造带的地层由老至新为: 下元古界老变质岩系(Pt₁)、中元古界变质岩系(Pt₂)和二叠系(P)。有关的侵入岩有: 花岗闪长岩($\gamma\delta_4^1$ 、 $\gamma\delta_4^3$)、石英闪长岩与英云闪长岩、闪长辉长岩($\delta\nu_4^3$)等中基性杂岩, 二长花岗岩(γ_4^3 、 γ_5^1 、 γ_5^2)与钾长花岗岩($\xi\gamma_5^3$)等。二叠纪时期侵入岩有由闪长辉长岩→花岗闪长岩→二长花岗岩演化过程, 即由中基性→中酸性→酸性的演化, 而三叠纪的花岗岩(γ_5^1)为该构造带的同构造花岗岩。

收稿日期: 1998-10-25

基金项目: 原地质矿产部1991年《用遥感方法对内蒙古苏尼特左旗等8幅图1:5万区域调查》项目

作者简介: 高德臻(1946—), 男, 副教授, 从事区域构造、构造地质等调查研究工作。

图1 苏尼特左旗地区地质构造简图

Fig. 1 Geological structural sketch of Sonid left banner area

1. 第四系；2. 第三系玄武岩；3. 新、老第三系；4. 二叠系；5. 中元古界；6. 下元古界；7. 燕山晚期钾长花岗岩；8. 燕山早期花岗岩；9. 印支期花岗岩；10. 海西晚期花岗岩；11. 海西晚期花岗闪长岩；12. 海西晚期中基性杂岩；13. 海西早期闪长岩；14. 逆断层及编号；15. 东苏背斜；16. 菜园向斜；17. 性质不明断层；18. 韧性剪切带及编号

2 海西末—印支期褶皱构造

苏尼特左旗地区卷入海西末—印支期褶皱的地层为二叠系。依据地层的展布、两翼地层产状可以确定该期褶皱为一系列轴向为 NEE 向的褶皱。经研究，卷入褶皱中的地层厚度和剖面形态可以划分两个明显的递进变形序次，即第 I 和第 II 序次。

2.1 第 I 序次褶皱

2.1.1 展布特点 第 I 序次褶皱构成了该区主体构造格架，即东苏背斜和菜园向斜（图1）。

(1) 东苏北斜：该背斜呈 $N50^{\circ}\sim 60^{\circ}E$ 延伸，区内长达 30km 以上。北西翼由下二叠统大石寨组、哲斯组及上二叠统林西组底部组成，沿达尔罕敖包—包尔敖包以北展布，总体倾向 $320^{\circ}\sim 330^{\circ}$ ，倾角 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 。南东翼为大石寨组和哲斯组，未见林西组出露，展布于巴彦温多尔—巴润萨拉一带，总体倾向 $150^{\circ}\sim 160^{\circ}$ ，倾角 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 。该背斜的核部除在昌特敖包及其以南地区见有下元古界变质岩 (Pt_1) 外，在苏尼特左旗以东地区已被燕山期花岗岩体 (γ_5^2 、 $\xi\gamma_5^3$) 侵入

而破坏殆尽, 仅在岩体南缘有小块残留, 显示在该背斜核部确有古老基底地层存在。

(2) 菜园向斜: 该向斜总体亦呈 $N50^{\circ}\sim 60^{\circ}E$ 延伸, 与东苏背斜大致平行。北西翼地层与东苏背斜南东翼地层相连, 结合部发育一系列次级褶皱(第 II 序次褶皱)、高角度断层及韧性剪切带(详见下文)。向斜南东翼仅出露哲斯组地层, 展布于花推挠木—独苏曼一线。地层总体倾向 $310^{\circ}\sim 340^{\circ}$, 倾角 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。向斜核部在祖勒格以东至菜园一带为哲斯组所占据, 菜园以东约 5km 则被第四系覆盖(据物探推断为燕山晚期 NE 向断陷盆地)。

根据东苏背斜与菜园向斜核部地层的出露情况分析, 该套褶皱枢纽具有向南西扬起、向北东倾伏之特点。

2.1.2 形态特征 这里以褶皱的波长(l)和波高(h)定量地表示褶皱的空间形态特征。

$$h \doteq l/4/\tan(\theta/2) \quad (1)$$

式中 θ 为褶皱两翼间的夹角, l 、 h 、 θ 的几何关系见图 2。

东苏背斜与菜园向斜轴之间的距离从图 1 可以量出为 14km, 即 $l/2 \doteq 14\text{km}$ 。通过对褶皱两翼产状投影统计, 对部分相同序次的次级褶皱

图 2 褶皱要素关系图

Fig. 2 Relationship between the element of fold

的褶皱轴面倾角(S_1)及两翼间夹角(θ)的统计得出: S_1 为 $80^{\circ}\sim 90^{\circ}$, $\theta = 90^{\circ} \pm$ 。经计算得出 $h \doteq 7\text{km}$, $h/l \doteq 1/4$ 。

从上述测量统计结果不难看出, 该区海西末—印支期第 I 序次褶皱的空间形态为略向 SW 方向扬起, 向 NE 方向倾伏的开阔式直立褶皱。褶皱沿轴线长度约为 $30\text{km} \pm$, 波长为 28km, 为一套短轴线状褶皱。

2.2 第 II 序次褶皱

2.2.1 展布特点 第 II 序次褶皱主要展布于第 I 序次背、向斜翼部的结合部位, 尤以巴润萨拉—哈尔楚鲁特—额尔登敖包一带表现最为显著。在 NW—SE 一线宽约 5km 范围内展布着一系列背、向斜相间的褶皱系(图 3)。该套褶皱系的轴向与第 I 序次褶皱轴向一致, 呈 $N50^{\circ}\sim 60^{\circ}E$ 延伸。该带的北西和南东两侧出露地层为大石寨组, 中间部位为哲斯组, 总体为复式向斜构造。该褶皱系特征见表 1。

表 1 第 II 序次褶皱特征表

Table 1 Features of the second foldings

编号	名称	北西翼产状	南东翼产状	枢纽倾向和倾伏角	轴面产状	两翼间夹角 θ
f_1	额尔登敖包背斜	$320^{\circ}\angle 55^{\circ}$	$155^{\circ}\angle 75^{\circ}$	$240^{\circ}\angle 15^{\circ}$	$328^{\circ}\angle 79^{\circ}$	51°
f_2	哈尔楚鲁特背斜	$320^{\circ}\angle 65^{\circ}$	$160^{\circ}\angle 80^{\circ}$	60° (走向)	$300^{\circ}\angle 82^{\circ}$	40°
f_3	哈尔楚鲁特向斜	$160^{\circ}\angle 80^{\circ}$	$340^{\circ}\angle 70^{\circ}$	$245^{\circ}\angle 3^{\circ}$	$335^{\circ}\angle 85^{\circ}$	29°
f_4	巴润萨拉背斜	$345^{\circ}\angle 74^{\circ}$	$155^{\circ}\angle 65^{\circ}$	$54^{\circ}\angle 15^{\circ}$	$328^{\circ}\angle 80^{\circ}$	60°
f_5	巴润萨拉向斜	$145^{\circ}\angle 70^{\circ}$	$320^{\circ}\angle 70^{\circ}$	$236^{\circ}\angle 17^{\circ}$	$148^{\circ}\angle 87^{\circ}$	48°
f_6	巴润萨拉南东背斜	$320^{\circ}\angle 70^{\circ}$	$155^{\circ}\angle 75^{\circ}$	$235^{\circ}\angle 13^{\circ}$	$147^{\circ}\angle 83^{\circ}$	56°
f_7	沙腊格楚鲁北向斜	$155^{\circ}\angle 65^{\circ}$	$350^{\circ}\angle 75^{\circ}$	$65^{\circ}\angle 10^{\circ}$	$155^{\circ}\angle 86^{\circ}$	55°
f_8	沙腊格楚鲁背斜	$350^{\circ}\angle 70^{\circ}$	$150^{\circ}\angle 65^{\circ}$	$70^{\circ}\angle 18^{\circ}$	$158^{\circ}\angle 88^{\circ}$	58°



图3 巴润萨拉地区地质构造简图

Fig. 3 Geological structural sketch of Barunsala area

1. 第四系；2. 下二叠统哲斯组；3. 燕山晚期钾长花岗岩；4. 燕山早期花岗岩；5. 印支期花岗岩；
6. 海西晚期花岗岩；7. 加里东期花岗岩；8. 背、向斜及编号；9. 逆断层及编号；10. 走滑断层

2.2.2 形态特征 从表1可以看出，第II序次褶皱的轴面近直立，枢纽倾伏角小于 20° ， θ 平均值为 $50^\circ \pm$ 。从图3可以量出 $l/2=0.5\text{km}$ ，按(1)式计算可得出 $h=0.5\text{km}$ ，故 $h/l=1/2$ 。因此，第II序次褶皱的空间形态为枢纽略有起伏的压扁型直立褶皱，沿轴向长度一般为 $1\sim 2\text{km}$ ，波长为 1km ，亦为短轴褶皱系。

2.3 第I、II序次褶皱形成时的临界力与压缩量

在岩石力学研究中，常用一无约束构件的屈曲来表示褶皱形成时所受临界轴向载荷(P)与波长(l)之间的关系^[3]，其关系式为：

$$P = BI(2\pi/l)^2 \quad (2)$$

式中 $B=E/(1-\nu^2)$ ，是构件的弹性模量(E)与泊松比(ν)的关系式； $l=bT^3/12$ ，是构件的宽(b)与厚(T)的关系式； l 为发生屈曲时的波长。

该区内两不同序次褶皱的弹性模量(E)和泊松比(ν)相同，但 b 、 T 、 l 不同。因此， b_1 、

T_1 、 l_1 和 b_2 、 T_2 、 l_2 分别为第 I 和第 II 序次褶皱的有关参数,两序次褶皱的宽度(b)可用展平的褶皱波长表示,即 $b=4[(l/4)/\sin(\theta/2)]$ (图2),可求出 $b_1=39.5\text{km}$, $b_2=2.4\text{km}$,故 $b_1=16b_2$ 。

卷入第 I 序次褶皱的地层为大石寨组(实测厚度为2700m)和哲斯组(实测厚度为1700m),总厚度 $T_1=4.4\text{km}$ 。卷入第 II 序次褶皱的地层仅为哲斯组, $T_2=1.7\text{km}$,故 $T_1=2.6T_2$ 。第 I 序次褶皱的波长 $l_1=28\text{km}$,第 II 序次褶皱的波长为 $l_2=1\text{km}$,故 $l_1=28l_2$ 。

利用(2)式,第 I 序次褶皱发生时受到的临界轴向载荷 P_1 与第 II 序次褶皱发生时受到的临界轴向载荷 p_2 之比为1/3。可见,当介质条件不变时,形成第 II 序次褶皱所需要的轴向载荷较形成第 I 序次褶皱所需要的轴向载荷要大得多。另据 A. M. Johnson (1970) 引用的材料褶皱实验表明,同一种材料,当轴向压缩量达到21%时,褶皱的翼间角即可达 90° ;而当轴向压缩量大于40%时,褶皱的翼间角为 $50^\circ\sim 60^\circ$ 。该结果从另一侧面证明第 II 序次褶皱形成时所承受的轴向压缩量要较第 I 序次褶皱形成时的轴向压缩量要大得多。

在苏尼特左旗地区,如前所述,发育于二叠系地层中的两个不同序次的褶皱具有相同展布特征且均为短轴线性褶皱束。第 II 序次褶皱处于第 I 序次褶皱之翼部,但并非同时形成,是在第 I 序次褶皱形成之后,岩层经受同方向轴向应力持续长时间作用递进变形的结果。

2.4 褶皱时限

卷入第 I 序次褶皱之地层为整套二叠系,在西南邻区见到中、下侏罗统含煤地层不整合在海西晚期二长花岗岩体(γ_3^3)之上,其中未见与第 I 序次类似的褶皱,而 γ_3^3 又侵入于二叠系之中。据《内蒙古地质志》所载,在内蒙古中部燕山期构造以 NE 向的断陷盆地为主要型式,褶皱并不发育。由此可以断定,第 I 序次褶皱的形成时间应为海西末期,第 II 序次褶皱应在海西末期之后的印支期。

2.5 温压条件及影响深度

该区二叠系底部大石寨组呈角度不整合于早元古代片麻岩(Pt_2)之上。区内及整个内蒙古中部二叠系主要岩性为一套浅变质的变火山岩、砂板岩及变碳酸盐岩建造^[4]。变火山岩的矿物组合为阳起石+绿泥石+绿帘石+斜长石+钠长石;砂板岩的矿物组合为绢云母+绿泥石+石英;变碳酸盐岩的主要矿物组合为方解石+绢云母+绿泥石,均属低绿片岩相。因此,与海西末—印支期褶皱构造相伴生的区域变质属于低温动力变质的低级阶段,变质程度属绢云母—绿泥石级。温压条件为:温度 $325\sim 470^\circ\text{C}$,压力 $0.2\sim 0.7\text{GPa}$,影响深度约为5km。

3 海西末—印支期的断裂构造

苏尼特左旗地区该期次断裂主要发育于中部及南部。依据断裂的产状、变形特点与变形域,可以划分为两大类,即早期的高角度脆性变形与晚期的韧性变形。

3.1 早期高角度脆性断裂

区内几乎所有的 NEE 向断裂均属于此种类型。它们共同的特点是均与第 I 序次褶皱相伴生。该类断裂的主要特征见表2。

从表2可以看出,此类断裂的走向与褶皱轴向一致且主要发育于第 I 序次褶皱的翼部。断裂面的倾角较陡,多数在 $70^\circ\pm$,均为压剪性逆断层,由南东向北西逆冲。变形域除 F_1 、 F_2 局部以脆性为主兼韧性外,其余均为脆性变形。因此,该期断裂是与第 I 序次褶皱伴生并具有同一成生机制的脆性断裂。

表2 NEE 向断裂特征表

Table 2 Features of ENE-trending faults

编号	构造位置	产 状	性 质	变 形 特 征	变 形 域
F ₁	东苏背斜 SE 翼	160°∠65°	压剪性逆断层	劈理发育, 下盘地层之层理被与断裂平行的后期石英脉充填, 靠近断裂面糜棱岩发育	韧脆性变形
F ₂	东苏背斜 SE 翼	160°∠70°	压剪性逆断层	具破碎带及强烈的劈理化带。靠近断裂面发育糜棱岩	以脆性为主兼韧性
F ₃	菜园向斜核部	165°∠70°	压剪性逆断层	发育300m 宽的密集劈理化带(48条/m), 有小型剪切褶皱	脆性
F ₄	菜园向斜核部	170°∠80°	压剪性逆断层	发育一系列劈理、片理、构造角砾岩带和断层泥	脆性
F ₅	菜园向斜 SE 翼	160°∠50°	压剪性逆断层	破碎带及蚀变构造角砾岩带	脆性

3.2 晚期韧性断裂 (韧性剪切带)

晚期韧性断裂, 即韧性剪切带共有3条 (图1): 巴润萨拉韧性剪切带 (R₁)、菜园南韧性剪切带 (R₂) 和白音宝力道东韧性剪切带 (R₃)。它们的特征见表3。

表3 韧性剪切带特征

Table 3 Features of ductile shear belts

编号	构造部位	规 模	糜棱面理产状	性 质	变 形 特 征
R ₁	东苏背斜与菜园向斜结合部	长20km 宽1~3km	160°∠70°	左行压扭	发育糜棱岩带。哲斯组砾岩砾石被压扁变形, 平均压缩量达60%。糜棱岩中发育 S-C 组构
R ₂	菜园向斜 SE 翼	长15km 宽1~2km	170°∠60°	右行逆冲剪切	糜棱岩带中发育 S-C 组构, 矿物颗粒具旋转碎斑及动态重结晶
R ₃	菜园向斜 SE 翼	长16km 宽3.3km	165°∠65°	左行剪切	剪切带中糜棱岩具分带性, 石英具核幔和丝带构造

表3列出的韧性剪切带变质相总体相当中等变质相系的高绿片岩相—低角闪岩相, 局部可达高角闪岩相; 变形变质温度为394℃, 围压500MPa, 差应力值为78.51MPa; 形成深度相当于地下15km~20km。

韧性剪切带 R₁ 糜棱岩中, 白云母 Ar-Ar 法年龄为198Ma。因此, 韧性剪切带形成时间相当于三叠纪中晚期, 即印支期。

以上对苏尼特左旗地区海西末—印支期褶皱序次、断裂分类的划分可以看出, 本区褶皱和断裂明显地相互对应, 即第 I 序次褶皱对应于早期高角度脆性断层, 而第 II 序次褶皱则与晚期韧性剪切带相对应。印支期褶皱和断裂是海西末期近南北向挤压应力持续作用下递进变形的构造形迹。

4 几点认识

(1) 在兴蒙褶皱带内虽然大面积缺失三叠系, 但印支运动的构造形迹确实存在。

(2) 海西末—印支期构造形迹是华北板块和西伯利亚板块长期持续挤压作用的结果, 它们是在同一构造应力场作用下形成的。构造形迹间不存在不同方位的叠加或改造, 仅在变形程度和变形域方面存在较明显的序次不同。印支期构造形迹是在海西末期构造形迹的基础上, 在相同轴向应力持续作用下递进变形的结果。

(3) 本区海西—印支期强烈的构造活动是在印支期, 但印支期形成的褶皱仅为压扁型直立褶皱, 区域变质作用仅为低绿片岩相。因此, 该区与国外典型造山带相比, 褶皱变形程度和区域变质作用要弱得多。

(4) 本区自二叠纪初期开始即为岩浆活动的活跃期, 三叠纪仅见少量同构造花岗岩体的侵入。由此看来, 自二叠纪末开始的构造变形较之岩浆活动滞后了很长一段时间。

参 考 文 献

- [1] 唐克东主编. 中朝板块北侧褶皱带构造演化及成矿规律 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1992.
 [2] 邵济安. 中朝板块北缘中段地壳演化 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1991.
 [3] A. M. 约翰逊 [美]. 张之立等译. 地质学中的物理过程 [M]. 北京: 科学出版社, 1983.
 [4] 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1991.

THE CHARACTERISTIC FEATURES OF LATE HERCYNIAN-INDOSINIAN TECTONIC ACTIVITIES OF THE LEFT SONID BANNER AREA, INNER MONGOL AUTONOMOUS REGION

GAO De-zhen

(China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The region of Left Sonid Banner of Inner Mongolia is located in the Xing-Meng fold zone of the northern rim of the North China Plate. A comparative study of the shapes of the ENE-trending folds, the causative axial loading and the resulting shortening as well as the geometry of the faults and ductile shear zone has been made. And the strain sequence is thereby established. As a result there has been distinguished Indosinian tectonic features produced on the foundation of the late Hercynian structures by progressive deformation under the same ensuing stress field.

Key words: Left Sonid Banner of Inner Mongolia; late Hercynian-Indosinian fold geometry; strain sequence