

华北板块南缘韧性推覆剪切带的发现及大地构造意义

王沛成, 张国茹, 徐洪岩, 宋志勇, 刘建文, 周汝国
(山东省第四地质矿产勘查院, 山东 潍坊 261021)

摘要: 栖霞塔顶地区是华北板块南缘唯一可以看到古元古代荆山群与粉子山群直接接触的区段, 二者之间发育一韧性推覆剪切带, 荆山群底部高铝片岩被推覆于粉子山群的不同层位之上。该韧性推覆剪切带显示一个台阶状的几何学模式, 其形成和发展与晋宁期扬子板块向华北板块大规模的斜向仰冲密切相关。同时, 由于大规模的推覆作用, 元古界粉子山群底部的岗嵒组高铝片岩被推到了顶部。伴随这一过程, 造山带的深源包体也发生了大规模的向地表的斜向位移。

关键词: 华北板块南缘; 韧性推覆剪切带; 下元古界; 高铝片岩; 胶南-威海造山带

中图分类号: P584 **文献标识码:** A

文章编号: 1007-6956(2002)01-0023-05

1 概况

栖霞塔顶地区位于山东半岛烟台市所辖栖霞县与福山区的交界处。该区所发育的地质体主要是新太古代 TTG 质片麻岩和古元古代荆山群、粉子山群地层, 新太古代 TTG 质片麻岩中发育有大量的片麻岩穹隆, 而变质地层则以各种不同形态的区域性褶皱构造及剪切变形为特征, 是胶北地区唯一可以看到荆山群与粉子山群直接接触的区段(关于荆山群与粉子山群的关系, 目前在胶北工作的同仁大都持横向对比观点, 笔者已有专文^[1], 此处不拟赘述)。其东部紧邻北东向牟平-即墨断裂带, 该断裂带包括了桃村、郭城、朱吴、海阳四条区域性断裂, 据笔者等野外调查证明, 其累计水平断距达 50 km 以上, 是鲁东地区规模最大的断裂构造, 近年来许多人认为是华北板块与秦岭-大别造山带最东段——胶南-威海造山带的边界^[2,3]。区域构造如图 1。

2 塔顶韧性推覆剪切带的基本特征

笔者等近些年在栖霞塔顶地区进行基础地质调查时发现, 古元古代荆山群底部的禄格庄组安

吉村段(以石榴矽线黑云片岩为主, 以下简称塔顶片岩), 直接覆盖于粉子山群祝家乔组、张格庄组、巨屯组等不同层位之上, 其接触面显示一强烈的韧性剪切带(图 2)。该韧性剪切带在平面上呈向北西凸出的弓形, 在塔顶南东被桃村断裂所切割; 平面可见延伸二十余公里, 总体呈北东向展布, 剪切带的宽度几十至数百米。带内岩性主要为糜棱片岩、糜棱岩化黑云片岩。剪切带的产状总体向南东倾斜, 倾向 130~140°。倾角多在 20~30°之间, 缓者不足 10°。剪切带或其上的高铝片岩内均发育有大量的长英质脉体, 并由此显示出一系列的肠状、勾状“a”型褶皱和 Sc 组构(图 3、4)。这种脉体和构造变形特征显示了变质变形过程中低熔组分融离的特点。拉伸线理为矿物的生长线理, 通过长条状黑云母的定向排列和长英质矿物的塑性拉长显示出来, 具透入性, 优选方位十分明显(如图 5)。图案在 2、4 象限内显示极密, 分别向 310°和 130°方位倾斜, 倾角多在 5~20°之间, 据野外现象分析, 引起拉伸线理反向变位与后期的北西-南东向的挤压有关(图 5 中的小圆示因后期的这种挤压作用在片岩中所显示的折纹线理投影)。

• 收稿日期: 2002-02-15

基金项目: 国家地质大调查项目(20001300005131)

作者简介: 王沛成(1956), 男, 教授级高工, 从事基础地质调查及研究工作, 联系电话: 0536-8952921。

万方数据

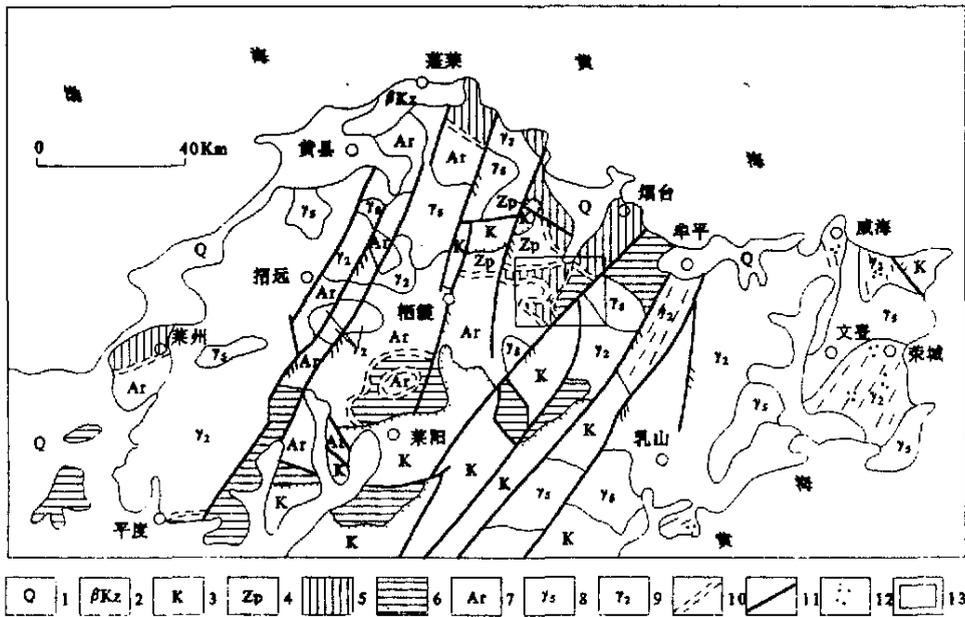


图 1 胶北地区地质构造简图

Fig. 1 Geological structural sketch map of Jiaobei area

- 1. 第四系; 2. 新生代玄武岩; 3. 中生界; 4. 震旦纪蓬莱群; 5. 古元古代粉子山群; 6. 古元古代荆山群; 7. 太古代岩系;
- 8. 中生代花岗岩; 9. 元古代花岗岩; 10. 韧性剪切带; 11. 断裂; 12. 榴辉岩、超基性岩; 13. 本文主题空间位置(放大如图 2)

位于韧性剪切带中的岩石，显微镜下显示丝纹状构造。黑云母呈细纹状集合体平行定向排列，且多被白云母取代，残留部分显示棕色—黄褐色的多色性。Sc 组构、云母鱼、小柔皱广泛发育。石英多呈塑性流变态，受后期剪切变形作用的影响，部分颗粒较大的石英呈明显的旋转碎斑状，形成不对称的压力影，大部分的石英颗粒呈现出重结晶现象，单个石英颗粒比较小，平均约 0.05 mm，但颗粒边界大都平直，总体呈细纹或柳叶状多晶集合体条纹出现，与黑云母细纹间隔排列，形成岩石的丝纹状构造。据 Kohlstedt(1980)公式 $D/b = Kn[(61 - 63)/u]$ ($Kn=4.6, n=1.47$) 对重结晶的石英颗粒进行差异应力估算，结果为 103 bar。

关于该韧性剪切带的性质，可以从上述的宏观尺度^[5] (“弓箭原理”) 和露头尺度 (Sc 组构) 证据来判断。同时，在微观资料上，通过对剪切带中

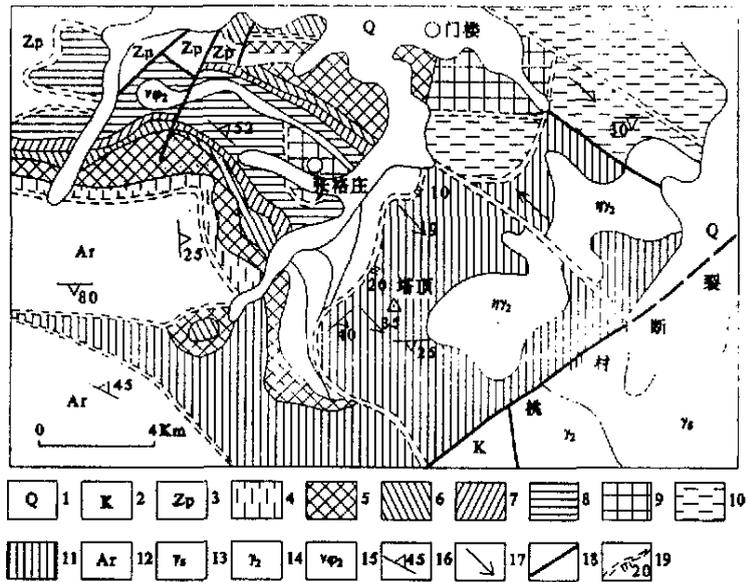


图 2 栖霞塔顶地区地质图

Fig. 2 Geological map of Tading area, Qixia

- 1. 第四系; 2. 中生界; 3. 蓬莱群; 4、5. 祝家赤组 1、2 段; 6、7、8. 张格庄组 1、2、3 段; 9. 巨屯组; 10. 岗嵒组; 11. 禄格庄组安吉村段; 12. 太古代岩系; 13. 中生代岩系;
- 14. 元古代花岗岩; 15. 元古代基性侵入岩; 16. 片麻理产状; 17. 拉伸线理; 18. 脆性断裂; 19. 韧性剪切带

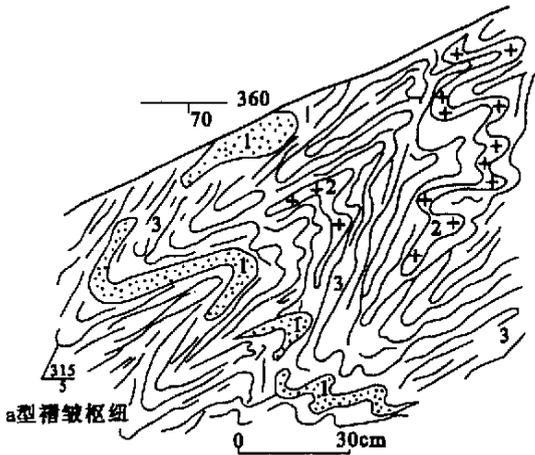


图3 韧性推覆剪切带中的 a 型褶皱(福山下许家)

Fig.3 a-type fold in the ductile nappe shear zone
1. 石英脉; 2. 花岗质脉体; 3. 糜棱片岩

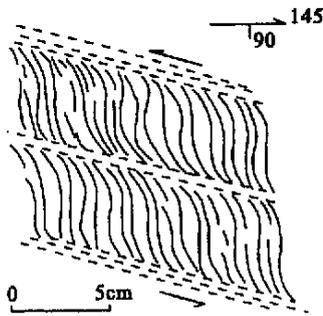


图4 韧性推覆剪切带中的 Sc 组构(糜棱黑云片岩, 栖霞山岭庐乔)

Fig.4 Sc fabric in the ductile nappe shear zone

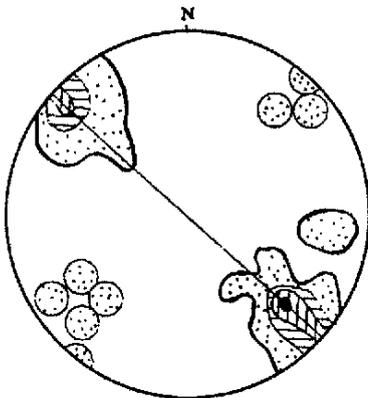


图5 韧性推覆剪切带中的拉伸线理投影

Fig.5 The projection of stretch line in the ductile nappe shear zone

19. 点、等密线(1.6~6.3~9.5~13.2)%(小圆圈示折纹线理投影, 7 点)

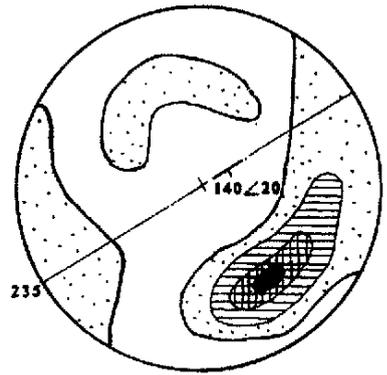


图6 韧性推覆剪切带岩组图

Fig.6 Fabric diagram of the ductile nappe shear zone
栖霞山岭庐乔, 石英光轴 120 粒, 等密线(2.5~5.8~15.8~25.8)%, 剪切面 $140^{\circ}/20^{\circ}$, 拉伸线理 $140^{\circ}/20^{\circ}$

石英光轴的统计(如图6)显示强烈优选, 极密点的产状与剪切带上拉伸线理的产状($140^{\circ}/20^{\circ}$)基本一致。反映了石英沿剪切面柱面滑移的特征, 与宏观和露头尺度的证据共同表明剪切面具有自南向北西的推覆性质。

3 剪切带的几何学模式

为便于剪切带的模式讨论, 首先简述一下笔者对该地区粉子山群顶部岗嵒组高铝片岩的原始层位的一点新认识。

从图2可见, 塔顶片岩与其北部同属古元古代粉子山群岗嵒组高铝片岩(岩性组合主要为矽线二云片岩, 石榴矽线黑云片岩、二云片岩等)连为一体。分属荆山群底部与粉子山群顶部的两套高铝片岩在下列几方面具明显的相似性。

- (1) 岩石组合相似, 其主体岩性均为一套石榴矽线黑云片岩夹少量透辉岩、透闪岩及浅粒岩。
- (2) 片岩本身均显示出强烈的韧性变形, 并且片理产状大都比较平缓。在片岩内所发育的组构特征、拉伸线理的方位及 Sc 组构的运动学标志完全一致, 小褶皱形态相似, 均为肠状、勾状等“a”型褶皱。

(3) 同塔顶片岩一样, 岗嵒组高铝片岩也与下伏的巨屯组呈强烈的韧性剪切带接触。

(4) 变质程度相近, 两套高铝片岩均显示出已达角闪岩相变质。其变质相明显高于其下伏的巨屯组、张格庄组岩系, 主要矿物共生组合为矽线石+黑云母+石榴石+斜长石+石英, 矽线石有柱状、针状、发状之分, 反映了矽线石形成的不

同世代。黑云母显棕褐色、黄褐色多色性，这些特征表明其峰期变质程度已达角闪岩相(岩石中出现的绢云母、绿泥石及斜长石的绿帘化现象是后期糜棱岩化叠加作用的结果)。下伏巨屯组的主要岩性为石墨大理岩、石墨透闪岩。其中石墨多为隐晶质，结晶程度相当低，据笔者等对福山门楼地区的粉子山群张格庄组中的大理岩进行方解石-白云石共生矿物对测温估算 $T = 440^{\circ}\text{C}$ ， $P = 0.4 \text{ GPa}$ ，这一温压条件与巨屯组的矿物共生组合(隐晶质石墨+方解石、隐晶质石墨+透闪石)所代表的变质环境相同，相当于绿片岩相。

由此看出，该地区的变质相在垂向上是逆向的，空间上显示了等变度的倒转。显然，这一现象是由于大规模的中深层次的韧性推覆作用将古元古界底部的高铝片岩推置于现代空间位置所致。

基于上述特征，笔者认为在该地区的塔顶片岩与粉子山群顶部岗嵒组高铝片岩，二者是在空间上相连，岩性组合相似，变形、变质特征相同的一个统一体，在地层学上属同一岩性层位。在运动学上是一个软弱带。显然，高铝片岩的“润滑作

用”在上覆地质体大规模的推覆移位过程中作出了重要贡献。由此分析，高铝片岩既是一个薄弱带，更是一个强应变带。

基于上述认识，结合详细的野外调查发现(图7)，在塔顶韧性推覆剪切带与下伏不同层位的接触面之上，仅见到古元古代荆山群底部的禄格庄组安吉村段高铝片岩(即塔顶片岩)。而高铝片岩下伏的太古代岩系并未在剪切带(面)之上出露。这就暗示着这样一个事实，即该推覆剪切带(面)在沿倾斜方向向下延伸至下元古界与太古代岩系的界面时，并没有向更深处切割太古代岩系，而是沿二者的接触界面产生大致水平的顺层剪切，这个顺层韧性剪切带(面)与在该地区目前所划分的古元古代粉子山群顶部的岗嵒组高铝片岩与下伏岩系的韧性剪切带构成了该推覆剪切带不同垂向深度的断坪部分，空间上以产状平缓为特征，与塔顶地区本文所论述的切层的韧性推覆剪切带(断坡)一起，展现出一种台阶状的几何推覆模式^[6]。

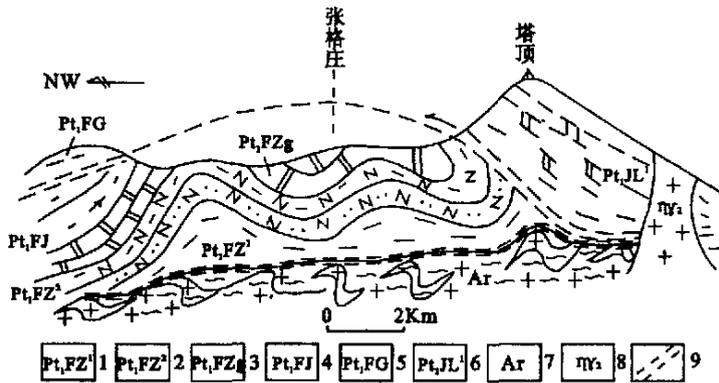


图7 塔顶韧性推覆剪切带剖面

Fig.7 The ductile nappe shear zone section of Tading area

- 1. 祝家亦组下段石榴砂线黑云片岩; 2. 祝家亦组上段浅粒岩、变粒岩、透闪岩组合; 3. 张格庄组大理岩、透闪岩;
- 4. 巨屯组石墨透闪岩; 5. 岗嵒组黑云片岩; 6. 禄格庄组石榴砂线黑云片岩; 7. 太古代岩系; 8. 元古代二长花岗岩; 9. 韧性剪切带

4 韧性推覆剪切带动力学模式及大地构造意义

从区域资料分析，该推覆构造恰位于华北板块的南缘，其推覆构造的“根”紧邻胶南-威海造山带(秦岭-大别-苏鲁造山带东段)，暗示了该大规模的推覆构造的动力学与造山带演化有着密

切的因果关系。据研究，该造山带在新元古代期间曾有过强烈的聚合作用发生^[6]，随着扬子板块向华北板块仰冲，所产生的压剪力作用于以高铝片岩为主的下元古界底部与下伏太古代岩系的软弱界面时，上覆的下元古界便会沿着剪切分力的方向向北西发生位移，沿其底面产生顺层的韧性剪切带。当这一接触界面弯曲时，受空间所限，剪切力便会上切地层，引起推覆。如果这一剪切力

长时间的持续作用时，大规模的产状平缓的推覆构造便随之产生了。同时在造山带内，大量的深源包体(榴辉岩、橄榄岩等)也会随着这一剪切推覆作用自地壳深部经过大规模的斜向位移而至地壳的中浅部，这与野外所见到的榴辉岩常呈群带出现于强变形地区的现象恰相吻合，这一模式或许对高压-超高压岩石的折返作用具有重要意义

(如图8)。在塔顶高铝片岩推覆体中，见有二长花岗岩侵入，笔者等近期(2001)对该岩体所进行的锆石 U-Pb 法测年，其谐和图上交点为 747 ± 196 Ma，可作为该推覆构造形成的上限。

本文是笔者多年来在胶北地区工作小结的一部分，许多问题有待商榷，作为引玉之砖在此抛出，敬请指正。

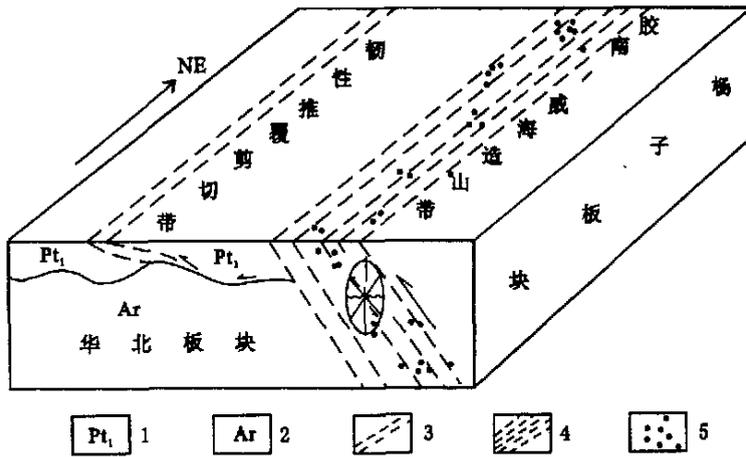


图8 塔顶韧性推覆剪切带与胶南-威海造山带关系模式图

Fig. 8 The model diagram of the ductile nappe shear zone and Jiaonan-Weihai tectonic belt

1. 下元古界; 2. 太古代岩系; 3. 韧性推覆剪切带; 4. 胶南-威海构造带; 5. 榴辉岩、超基性岩

参 考 文 献

[1] 王沛成. 论胶北地区荆山群与粉子山群之关系[J]. 中国区域地质, 1995, (1): 15-20.
 [2] 王沛成. 胶南-荣成碰撞带的结构分带[J]. 华南地质与矿产, 1999, (2): 43-46.
 [3] 林均堂. 鲁东构造单元的划分及其边界问题[J]. 中国区域地质, 1993, (2): 158-166.
 [4] 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.
 [5] 单文琅, 宋鸿林, 傅昭仁, 等. 构造变形分析的理论方法和实践[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1991.
 [6] 朱志澄. 逆冲推覆构造[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1989.
 [7] 王来明. 鲁东碰撞带初步研究[J]. 山东地质, 1994, (1): 100-108.

Discovery of Cluctile Nappe Shear Zone in South Margin of NC Plate and its Tectonic Significance

WANG Pei-cheng, ZHANG Guo-ru, XU Hong-yan, SONG Zhi-yong, LIU Jian-wen, ZHOU Ru-guo
 (Shandong No. 4 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Weifang, Shandong, 261021)

Abstract: Tading area of Qixia county is the only area where Jingshan Group contacts directly with Fenzishan Group by ductile nappe shear zone. High - alumina schists of the low part of Paleo-Proterozoic Jingshan group thrust on different layers of Fenzishan Group. The development of ductile nappe shear zone is related to the obduction of South China Block towards North China Block during New Proterozoic according to the study on its geometry and dynamics. And with this obduction, the deep enclaves made a big oblique transposition towards Earth's surface.

Key words: South margin of NC plate; ductile nappe shear zone; Lower proterozoic group; High alumina schists; Jiaonan-Wei hai Orogenic Zone