

文章编号: 1000-6524(2001)02-0208-09

大连地区南北向剪切滑褶变形

王宗秀, 杨天南, 唐哲民

(中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

摘要: 大连地区经历了漫长而又特殊的地质构造演化过程, 自中生代以来, 全区处于活动大陆边缘环境, 并遭受多期构造变形事件的影响。其中大规模南北向剪切滑褶变形为首次发现并确定, 其为区内众多变形事件中规模最大、影响最广的一期构造事件。本文在详细的地质调查基础上, 初步研究分析了研究区南北向剪切滑褶变形的构造-岩石组合特征及变形模式, 并就变形动力学背景及变形时代进行了探讨。

关键词: 大连地区; 区域岩石学; 南北向剪切滑褶变形; 能干层

中图分类号: P542+.2; P584

文献标识码: A

研究区地处辽宁省最南端, 在大地构造上隶属于中朝板块东南部复州-大连台陷的次级构造单元复州-大连凹陷, 西邻辽东湾断陷, 东南与北黄海断陷相接。区内发育青白口系、震旦系及少量古生代海相地层, 为陆块盖层型沉积岩系^[1-4]。

来自地层及岩石中的地质信息表明, 自中生代开始本区结束了长期稳定陆台发展, 进入了构造强烈活动阶段, 并发生了地质史上盖层形成以来的第一次大规模强烈韧-脆性构造变形事件^[5,6]。崔克英(1986)首次发现辽南地区太古宇变质基底与盖层之间存在一中生代的滑脱构造, 并同时注意到南东东走向的侧向拉伸线理^[7]。许志琴等(1991, 1994)认为辽南是一个板内强烈变形区, 中生代以来经历了强烈收缩作用与伸展作用; 太古宇变质基底、中下元古界变质岩系与沉积盖层(Pt₃-Pz)之间为大型韧性滑脱构造; 盖层内逆冲断裂带及后期伸展构造发育^[5,8]。洪作民等(1984, 1991)将辽南地区的主要构造变形期次划分为三期, D₁: 三叠纪-侏罗纪韧性滑脱-褶皱(或逆冲推覆构造); D₂: 早白垩世的北东向走滑构造体系; D₃: 晚白垩世至第三纪的东西向开阔褶皱系统^[9,10]。曾令森(1996)运用分形理论, 对研究区以东金州热隆构造区的流体构成和构造变形进行了研究^[11]。李海兵等(1997)就研究区以东地区造山后期的伸展构造进行了较详细研究, 总结了伸展构造的 5 个特点, 同时认为辽南地区古变质地体的“动力重熔”热隆构造与“花岗岩”热隆以及变质核杂岩不同^[12]。

综观前人的研究, 其注意力多集中于太古宇变质基底与盖层之间的滑脱构造, 对盖层内南北向剪切褶皱变形涉及很少。本文从微观与宏观相结合的角度, 通过叠加变形解析, 对研究区剪切滑褶变形进行了系统研究, 认为南北向剪切滑褶变形是区内表现最强、影响范围最广的一期构造事件, 它奠定了研究区的主要褶皱构造格架。

收稿日期: 2001-03-19; 修订日期: 2001-05-18

基金项目: 中国地质调查局“环渤海经济区地质填图与生态环境评价”项目资助

作者简介: 王宗秀(1959-), 男, 研究员, 博士研究生, 主要从事构造地质学研究。

1 区域地质背景及地层、岩石学特征

辽南地区具典型的薄皮结构特征^[8], 其组成包括了原地系统(太古宇基底与中生界)、外来系统(新元古界与古生界盖层岩片)和滑移系统。自中生代以来, 全区处于活动大陆边缘环境, 并可划分出4期影响规模较大的变形事件: (1) 近东西向滑脱变形(230 Ma左右)^[5]; (2) 南北向剪切滑褶变形(210 Ma左右); (3) 后造山期伸展变形(130 Ma左右)^[5, 12]; (4) 东西向挤压变形(130 Ma以后)^[12]。区域构造格架见图1。

研究区地层主要由新元古代青白口系和震旦系组成。青白口系主要为一套陆源碎屑岩建造, 其岩石类型以石英砂岩为主, 次为长石石英砂岩、砂板岩、千枚岩。岩石普遍遭受低绿片岩相变质。震旦系为碳酸盐岩建造, 其岩石类型以灰岩、白云岩为主, 有少量泥灰岩, 底部长岭子组为一套板岩、千枚岩, 并遭受低绿片岩相变质作用。侵入岩在区内不发育, 仅在旅顺老铁山西侧出露一岩浆杂岩体(变质辉长岩和闪长岩), 除此之外, 区内还可见一些顺层侵入的辉绿岩脉, 并与地层一同遭受褶皱变形。

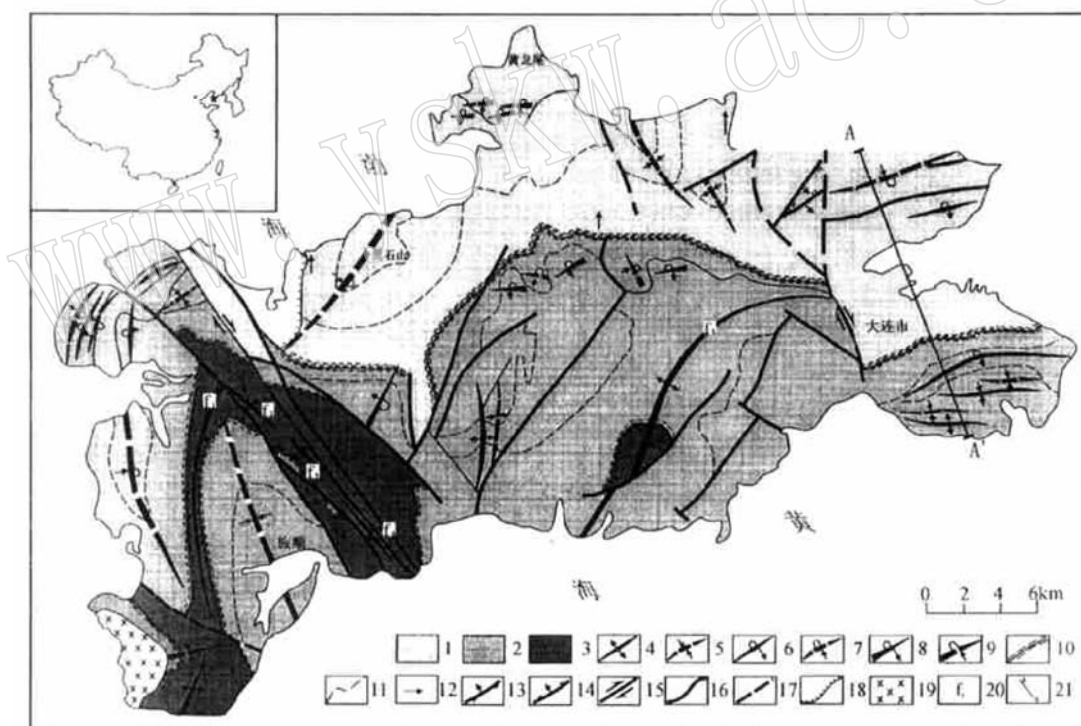


图1 研究区构造格架图

Fig. 1 Structure framework of the study area

1—长岭子组上部层位; 2—桥头组; 3—南芬组下部层位; 4—背斜; 5—向斜; 6—倒转背斜; 7—倒转向斜; 8—枢纽倾伏的倒转背斜, 尖端指示枢纽倾伏方向; 9—枢纽倾伏的倒转向斜, 尖端指示枢纽倾伏方向; 10—早期滑脱层; 11—地层展布形态轮廓线; 12—拉伸线理; 13—逆断层; 14—正断层; 15—走滑断层; 16—多期活动断层; 17—隐伏断层; 18—角度不整合界线; 19—岩浆杂岩体; 20—褶皱及编号; 21—剖面位置

2 南北向剪切滑褶变形

盖层与基底间近东西向滑脱构造在研究区内以盖层中两个顺层滑脱层(长岭子组、南芬组及桥头组下部)及近东西向拉伸线理的形成为主要特点,其变形仅限制在滑脱层内。本文所研究的南北向剪切滑褶变形叠加于近东西向滑脱构造之上,其变形影响范围在辽南地区涉及青白口系至下三叠系,所以说南北向剪切滑褶变形是本区变形规模及影响范围最大的一期构造事件,以形成区内大规模的大型褶皱构造为特点,造成本区多处地层倒转,并使早期劈理(滑脱层中)发生褶皱,同时形成本区的第二期劈理(S_2)。

2.1 填图尺度上的变形表现

2.1.1 长岭子组以上层位的变形特征

包括震旦系甘井子组、营城子组、十三里台组、马家屯组、催家屯组和兴民村组,为一套碳酸盐岩建造;在本期变形事件过程中,以一系列规模巨大且枢纽走向东西(或近东西)的巨型同斜、平卧、正常褶皱构造为标志,表现出本期变形的独特面貌。尽管受到后期构造变形事件改造,其轴迹已发生弯曲,形态变得不甚完整,但各种构造要素仍可清晰识辨。

研究区中北部黑石山地区,地层呈向南西凸的弧型展布,中心地带为营城子组3段,向两侧依次出露营城子组2.1段及甘井子组2.1段。北西侧地层倒转,经形态恢复为一规模巨大的枢纽倾伏的倒转向斜,褶皱轴面走向北北东,西倾。后期变形事件的破坏、改造使该褶皱枢纽发生变形,表现为向北西西倾伏(图2A)。

在黄龙尾地区,褶皱组合为两个斜卧倒转背斜和两个斜卧倒转向斜(图2B),褶皱轴面为南北走向,西倾。经产状等要素恢复,该褶皱群形成时的初始产状为枢纽走向东西(或近东西)、轴面南倾的同斜倒转褶皱组合,反映的主应力方向为南北向(或近南北)。

除上述变形特点外,本期变形的大规模倒转褶皱在大连市区北甘井子一带也有很好显示,表现为由甘井子组与营城子组构成的长约10 km大型东西走向的倒转褶皱(图3),轴面南倾,枢纽近水平。

2.1.2 桥头组的变形特征

是区内分布最广的地层,在此期变形构造过程中其变形特点与上述碳酸盐岩系一样,以大规模系列巨型平卧、同斜倒转及正常褶皱构造组合为特色(图4)。确定本期变形的主要证据是早期东西向剪切滑移(滑脱)构造形成的滑脱层(南芬组)发生变形,并在研究区西部江西镇—铁山镇一带形成枢纽近南北向的倒转背斜构造。尽管由于后期变形的改造使其褶皱要素产状发生变化,如重褶、弯曲、倾伏,但系统恢复表明,其早期形成的初始轴向为近东西向,表现出南北向变形特征。在纵向上桥头组的变形与其上部的碳酸盐岩系间变形协调性非常好,说明它与上述的褶皱变形为同期、同一变形机制下的产物。

2.1.3 南芬组以下层位的变形特征

钓鱼台组和永宁组的变形表现与桥头组和碳酸盐岩系有所不同,以发育宽缓背斜构造为特征(见图1),图面上表现为5个背斜构造(f_1 f_2 f_3 f_4 f_5),其枢纽走向分别为北东、北西和近南北向,这样的变化是后期改造所致。同样,这5个背斜原本应属同一个背斜,其初始枢纽走向为东西向(或近东西向),由于后期构造变形及断裂的破坏、改造作用,使其枢纽、轴面发生弯曲、褶皱而呈现现在的组合格局。

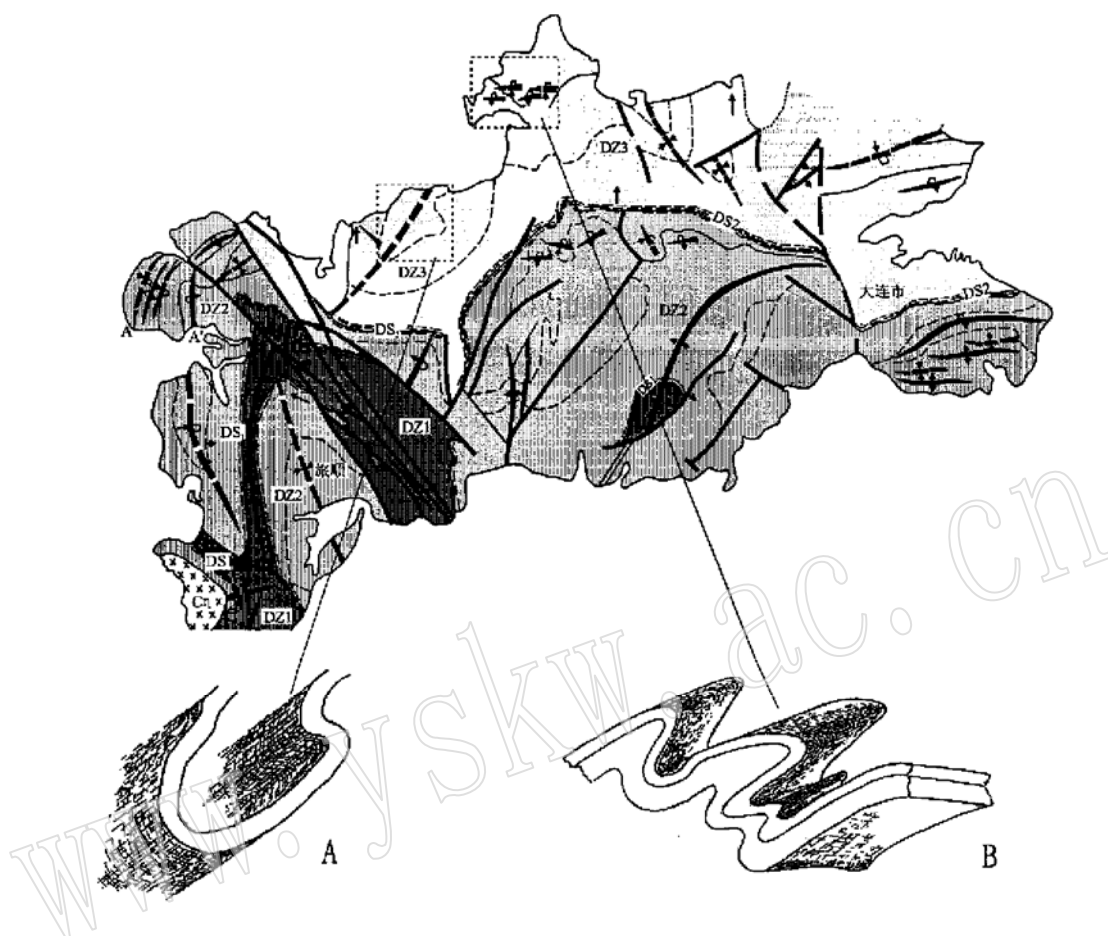


图 2 上部变形构造带内发育的枢纽倾伏的巨型褶皱构造形貌

Fig. 2 Feature of the great fold with hinge plunging in the upper deformation structural zone

A—巨型褶皱形貌示意图; B—褶皱构造组合三维示意图

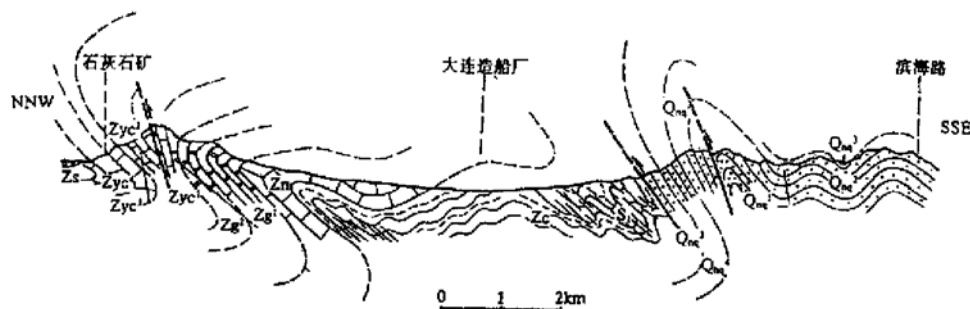


图 3 大盐村—山中村变形构造剖面(剖面位置见图 1, A- A')

Fig. 3 Deformation structural section along Dayancun— Shanzhong cun

2.2 露头及显微尺度上的变形特点

除了上述大尺度的变形表现,本期露头规模的变形现象亦是非常丰富。尤其在早期形

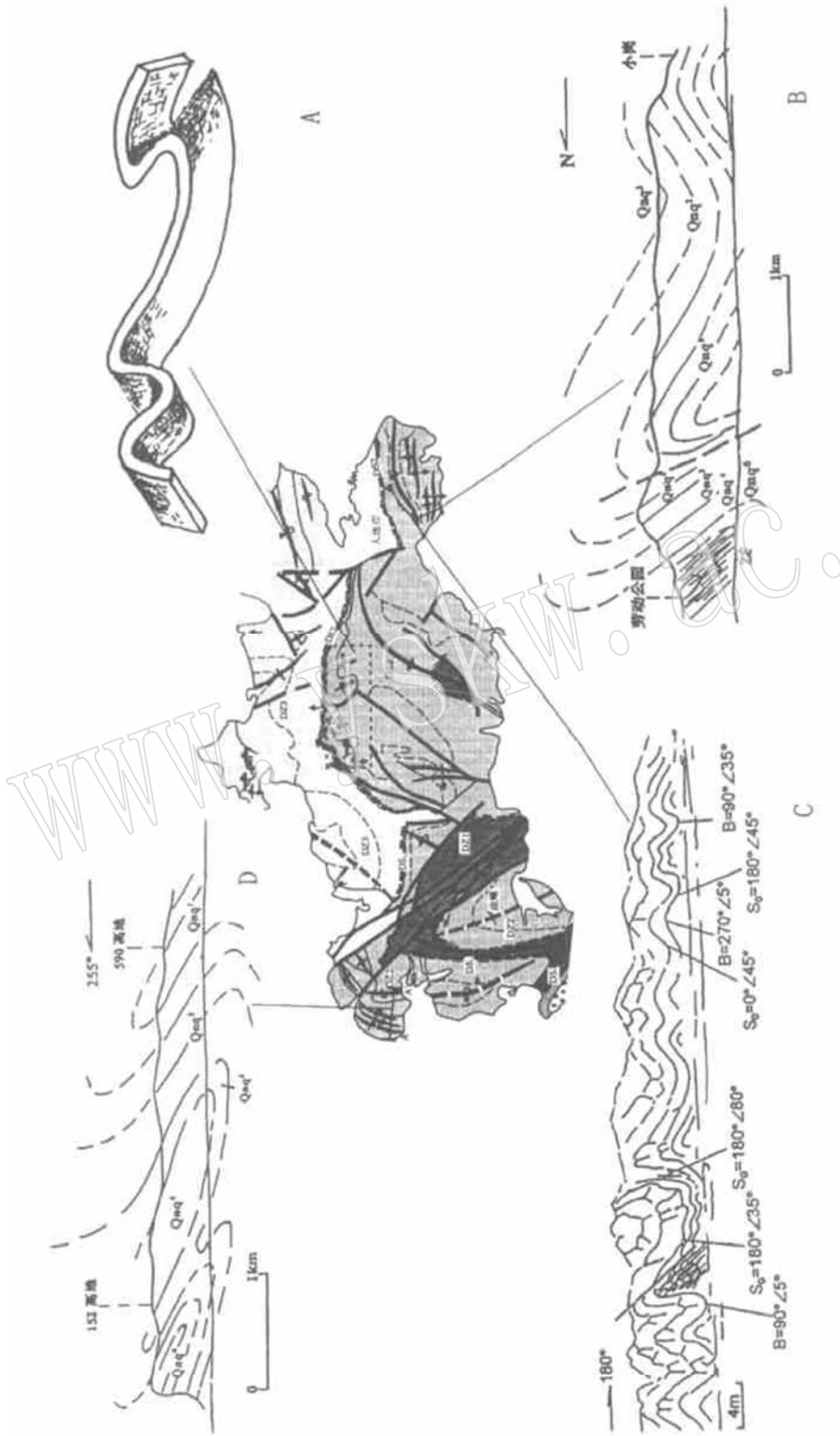


图4 发育于桥头组中的南北向剪切变形

Fig. 4 North-south shear deformation in the Qiaotou Formation

A—海棠沟一带巨型褶皱构造示意图；B—劳动公园—小岗变形构造剖面；C—大连桃园街褶皱剖面；D—旅顺江西镇西大型褶皱构造剖面

成的滑脱层中(南芬组和长岭子组),长岭子组中以局部发育褶劈理、破劈理(S_2)及早期劈理的重褶为显著特点, S_2 与 S_{0-1} 的褶皱轴面平行,走向近东西,南倾。局部由于强烈的置换作用, S_{0-1} 被 S_2 替代。 S_2 的镜下表现为定向排列的绢云母。尽管露头上此期的褶皱构造较难识别,但从强烈的构造置换可以想象得出,剪切褶皱应为系列相似褶皱。长岭子组中平行于 S_2 发育的由方解石脉组成的剪切旋转布丁构造,显示为自南向北剪切,指示出该期变形的机制及方向。南芬组的变形表现与长岭子组有异曲同工之处,以发育第二期劈理构造(S_2)、发育以 S_{0-1} 为变形面所形成的第二期剪切褶皱为特点,其中第二期劈理以褶劈为主,局部可见破劈理,小褶皱核部见流劈理,第二期劈理镜下均由绢云母组成。

图 5A 为由家村处长岭子组中层劈理的几何关系, S_2 与 S_{0-1} 近直交,且近水平,走向近东西,这是平卧褶皱转折端所具有的特点。同样的露头现象在南关岭组中也可见到(图 5B)。此外,在营城子组中,亦可见到保存完好的由本期变形作用形成的平卧、同斜倒转褶皱(图 5C, D)。这些褶皱的枢纽均为东西走向,轴面近水平,南倾。

综观上述,本期变形以形成区内大规模巨型平卧、倒转、正常褶皱为显著特点,其形成时的初始产状为枢纽东西(或近东西走向)走向,轴面南倾或直立,变形机制为南北或近南北向剪切收缩应变机制,主压应力可能来自南部。

3 滑褶变形模式

在相同应力及边界条件下,具不同力学性质的岩石将表现出不同变形特点,而岩石的力学性质不但取决于岩石类型,还取决于不同类型岩石的组合^[14~16]。区内盖层自上而下由于各自岩石组合特点及所处位置等的不同,在南北向(或近南北向)收缩应变机制条件下,彼此间的变形表现及变形面貌存在差异,但这种差异只是表面现象,实质上不同构造-岩石单元内的变形协调性非常好(南芬组以上层位)。

岩石的能干性是用来描述岩石变形行为相对差异的术语。人们经常把岩石按能干性的差异分成能干的(强的)和不能干的(弱的)。这是指在相同的变形条件下,不能干的岩石比能干的岩石易发生粘性流动和更大的内部应变。

本区出露的地层中存在两个岩性能干性弱的岩层(以南芬组、长岭石组为代表层)。南芬组与长岭子组岩性以板岩、千枚岩为主,其能干性较其它地层差,在南北向主应力作用下,沿这两个软弱层发生自南往北的剪切滑移,形成系列小型褶皱和同褶皱剪切流劈理,发育南北向剪切旋转布丁构造,表现出的应变强度及总变形位移量均大于其上部层位;而位于这两个软弱岩层之上的构造地层,在软弱层强烈变形、剪切位移的牵动下,表现出“屈服变形”,形成上述的系列大型同斜倒转、平卧褶皱构造组合,即滑褶变形。南芬组之下的层位,其地层组成为巨厚的石英砂岩和长石石英砂岩,与上部滑脱层间的能干性差大。这种能干性差大的组合在造山带中很常见,研究表明,在这种组合的滑脱构造中,滑脱面之下层位往往表现出简单的变形形貌^[14]。区内南芬组(滑脱层)之下的变形即表现为正常背斜褶皱构造(图 6)。

综上所述,研究区滑褶变形是南北向滑脱构造的变形产物,但其与东西向滑脱明显不同,后者似乎更趋近于一种穿层的、透入性的变形。

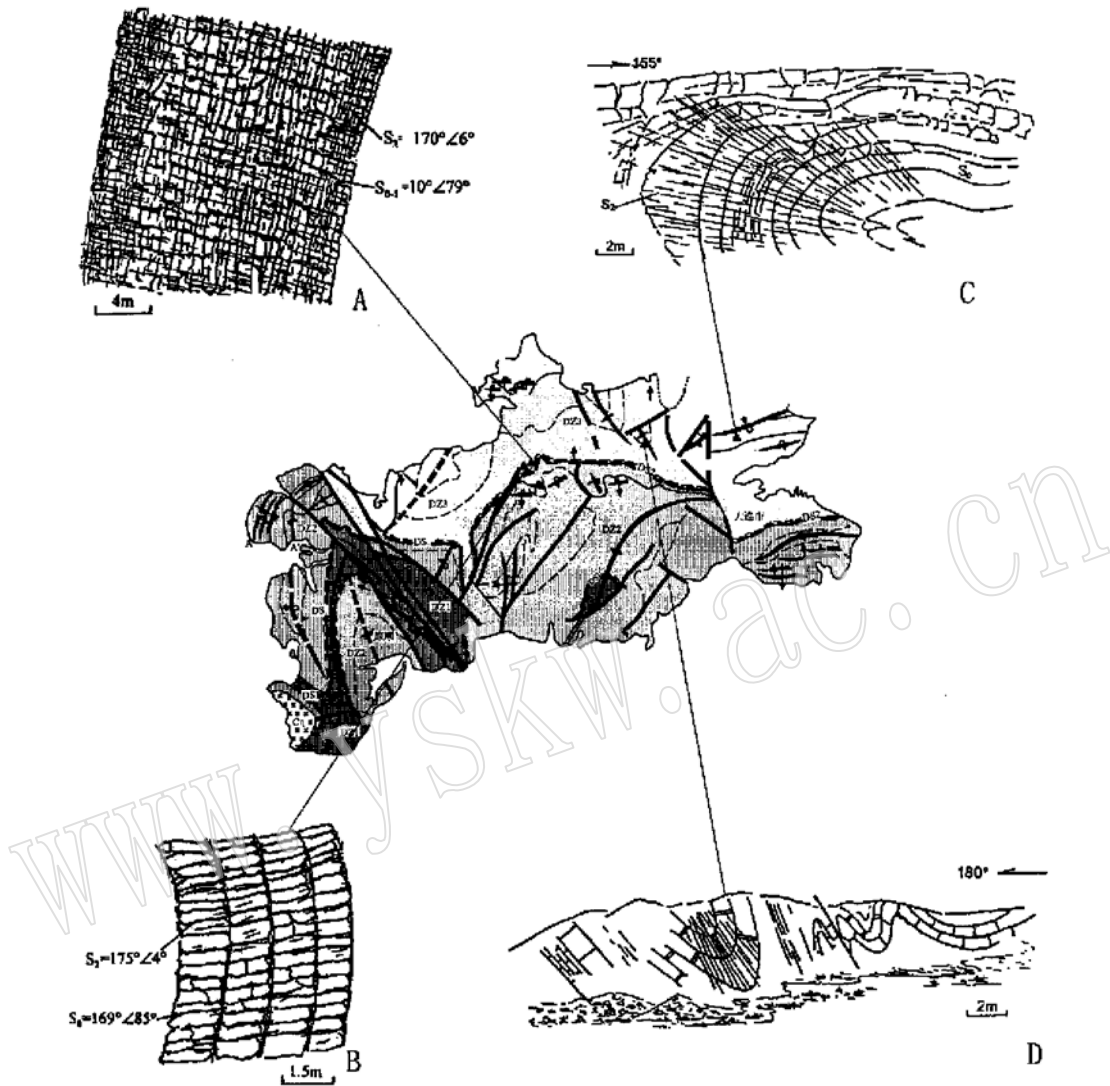


图5 平卧褶皱转折端处层理与劈理间的几何关系及变形构造剖面

Fig. 5 Geometric relation between cleavage and bedding, and section of deformation structure

A—长岭子组内部; B—南关岭组下部; C—由家村东营城子组中的褶皱变形剖面; D—椒房山北营城子组内的大型平卧褶皱; S_0 —层理; S_{0-1} —第一期劈理与层理重合; S_2 —第二期劈理

4 讨论

中朝与扬子板块的碰撞完成于印支期^[17-21]。印支运动使中朝板块与扬子板块发生强烈碰撞、拼合,在朝鲜平南形成大量近东西向褶皱^[22],并使辽南、山东半岛及大别山地区显著抬升。在辽南地区,印支中、晚期的岩浆岩分布极广,是该区地质历史上岩浆岩发展的鼎盛时期^[3],其与朝鲜狼林、平南地区有着惊人的相似之处^[23-25],后者表现为一个近东西向的构造岩浆岩带,反映一种近南北向挤压作用的陆壳缩短造山机制。由此可以推论,本区南

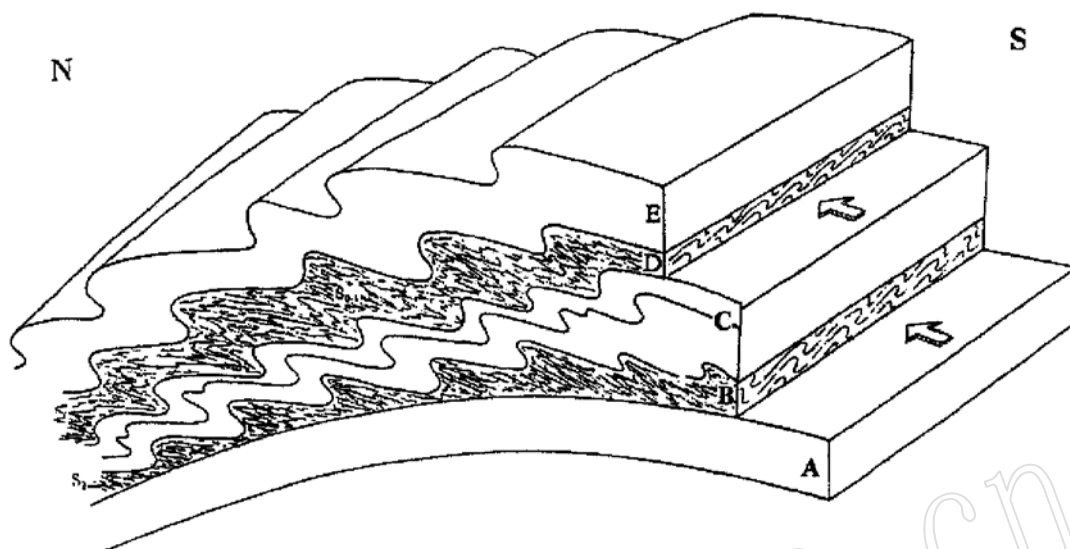


图6 南北向剪切滑褶变形模式

Fig. 6 Structural model of NS trending shear traction deformation

A—南芬组以上层位; B—下部滑脱层(南芬组及桥头组底部); C—桥头组; D—上部滑脱层(长岭子组); E—长岭子组以上层位(震旦纪地层)

北向(或近南北向)剪切滑褶变形背景与扬子板块和中朝板块陆-陆碰撞有关。

辽南地区的前三叠纪地层(包括三叠系),在晚三叠世后期发生同步褶皱,轴向为近东西向,这在丹东以北地区及金州附近尤其明显。研究区北海村一带分布一套火山岩,其时代定为晚侏罗世—早白垩世^[1],该套地层与下伏震旦纪地层之间为角度不整合接触。结合区域资料,我们倾向认为大连地区以南北向滑褶为代表的大规模的褶皱变形事件可能属晚印支期。

参考文献:

- [1] 辽宁地矿局. 1:20万区域地质调查报告(旅大幅), 1972.
- [2] 林蔚兴, 张丕孚, 王东方, 等. 辽东半岛前寒武纪地层的研究[J]. 中国地质科学院沈阳地质矿产研究所刊, 1984(10): 1~50.
- [3] 辽宁省地质矿产局. 辽宁省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [4] 乔秀夫, 宋天锐, 李海兵, 等. 辽东半岛南部震旦系—下寒武统成因地层[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [5] 许志琴, 李典致, 李海兵, 等. 辽南地壳的收缩作用及伸展作用[J]. 地质论评, 1991, 37(3): 193~201.
- [6] 王宗秀, 唐哲民, 杨中柱, 等. 大连地区的中生代韧性构造变形[J]. 地震地质, 2000, 22(4): 379~386.
- [7] 崔克英, 庞庆邦. 论辽南韧性推覆构造的基本特征[J]. 辽宁地质学报, 1986(2): 45~59.
- [8] 许志琴, 李海兵, 郭立鹤. 动态蠕变 动态重熔及地壳收缩至伸展的转化——辽南古老变质体上隆机制探讨[A]. 钱祥麟主编. 伸展构造研究[C]. 北京: 地质出版社, 1994, 109~119.
- [9] 洪作民. 试论辽宁地壳运动[J]. 辽宁地质, 1984, 1: 1~14.
- [10] 洪作民, 黄镇福, 刘效东, 等. 辽东半岛南部上前寒武系地质(地矿部地质专报(二)地层古生物第14号)[M]. 北京: 地质出版社, 1991.

- [11] 曾令森, 李海兵. 辽南金州隆升区的构造变形和流体过程[J]. 高校地质学报, 1996(2): 155~ 165.
- [12] Li H B, Xu Z Q and Zeng L S. Uplifting and post-orogeny of the ancient metamorphic terrain in southern Liaoning, East China[A]. Proc. 30th Int'l Geol. Congr. [C]. 1997, 7, 83~ 94.
- [13] 王宗秀, 唐哲民, 杨中柱, 等. 大连地区中-新生代构造格架厘定[J]. 中国区域地质, 2000, 19(2): 120~ 126.
- [14] Ramsay J G and Huber M I. The techniques of modern structural geology, Volume 2: Folds and Fractures[M]. Academy Press, Harcourt Brece Jovamovich Publishers, 1987.
- [15] Weijermars R. The role of stress in ductile deformation[J]. J. Struct. Geol., 1991, 13(9): 1 061~ 1 078.
- [16] Scott T E and Nielson K C. The effects of porosity on the brittle- ductile transition in sandstones[J]. J. Geophys. Res., 1991, 96(B1): 405~ 414.
- [17] 王鸿楸. 从活动论观点论中国大陆构造分区[J]. 地球科学, 1981(1): 42~ 46.
- [18] 徐嘉伟, 刘德良. 中国东部中生代南北陆块的对接——论大别山碰撞及意义[A]. 中生代地质学论文集[C]. 北京: 地质出版社, 1987.
- [19] 任纪舜, 陈廷愚, 牛宝贵, 等. 中国东部及邻区大陆岩石圈的构造演化与成矿[M]. 北京: 科学出版社, 1990.
- [20] 万天丰. 中国东部中-新生代板内变形构造应力场及其应用[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [21] Zhao X X and Coe R C. Palaeomagnetic constrain on the collision and rotation of North and South China[J]. Nature, 1987, (327): 141~ 144.
- [22] LEE, DAL- SUNG. Geology of Korea[M]. Published by the kyohah- sa publishing co. August, 1987.
- [23] 张 宏. 郯-庐断裂系的两期左行平移及其中生代时期演化史[J]. 辽宁地质, 1994(1~ 2), 131~ 143.
- [24] Choo S H and Kim S J. A study of Rb- Sr age determinations in the Riveongnam Massif. (I) Ryeonghal Buncheon and kimcheon granite gneiss and gneissose granite, in the south western Jirison region[J]. Korea Inst. Energy Res. Rept1985, 1986, (7): 7~ 29.
- [25] 许浚院. 从花岗岩的形成环境论东北地区中生代大地构造性质[J]. 辽宁地质学报, 1993(1): 15~ 23.

The NS_trending Shear Traction Deformation in Dalian Area, Northeast China

WANG Zong_xiu, YANG Tian_nan, TANG Zhe_min

(Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Abstract: Dalian area has undergone a long and specific geological- structural evolutionary process. The study area has been the structural background of active continental margin since Mesozoic, and has suffered the influence of multideformation, in which the NS_trending shear traction deformation is the largest and most widespread in scale. This paper has determined the characteristics as well as the model and age of the deformation on the basis of geological investigation. The results obtained have enriched the research substance of Indosinian movement in Sino- Korean plate.

Key words: Dalian area; regional petrology; NS_trending shear traction; deformation; competent bed