中 国 科 学
1990 年 12 月　　B 辑　　第 12 期

中蒙边界区新发现的特大型推覆构造及伸展变质核杂岩*

郑亚东　　王士政　　王玉芳
(北京大学地质系,北京 100871)　(宁夏区域地质调查队,银川 750000)　(北京大学地质系,北京 100871)

摘　要

本文论述了内蒙古自治区海西-印支造山带内发现一特大型推覆构造和伸展变质核杂岩. 两构造的时代均为中生代,但前者较早. 推覆体走向近东西,中元古界白云岩自北向南推覆在寒武至三叠系地层上,直观推覆距 70 km, 推测断距 140 km 以上. 变质核杂岩主要由糜棱岩组成, 在推覆体范围内构成一北东向穹窿背斜并构成伸展拆离断层的下盘. 糜棱岩面理平缓,拉伸线理总体向南南东倾伏. 剪切指向标志表明为正断式运动. 造山后推覆与伸展构造的共存提出一个重要的构造动力学问题.

关键词: 推覆体,飞来峰,变质核杂岩,糜棱岩

在中蒙边界区新发现的中生代特大型推覆构造, 规模之大超过四川龙门山断层和苏格兰 Moine 断层,与阿尔卑斯断层相当,成为世界上规模最大的推覆构造之一[1]. 推覆构造与伸展变质核杂岩的共存,不仅对深入认识复杂的变形历史有重要意义,而且提出一个令人深思的板内构造动力学问题. 本区以前一般作为海西构造带[2,3], 那么造山后的构造发育特征如何, 动力从何而来,这是我们面临的问题. 本文旨在说明这两大发现,并就其间的可能关系, 进行一些初步探讨.

一、构造环境

研究区位于内蒙古自治区造山带中蒙边界的南侧(图 1). 该区南约 10 km 外的恩格尔乌苏一带发现一东西向的石炭系蛇绿岩套,由橄榄辉长岩、枕状玄武岩和铁质碧玉岩组成[1]. 根据常量、微量和稀土元素的研究,蛇绿混杂岩的地球化学特征反映了大洋构造环境, 恩格尔乌苏为一晚古生代的俯冲-碰撞缝合带[2]. 本区似乎位于这一晚古生代俯冲带的上盘. 区内的古生界岩石经历了绿片岩相的区域变质,并为一些大型深成岩体侵入. 上三叠统(可能包括部分

本文 1989 年 11 月 17 日收到, 1990 年 7 月 21 日收到修改稿.
* 国家自然科学基金资助项目.
1) 王廷印和王士政,个人通讯, 1989.
2) 吴泰然,阿拉善地块北缘古生代岩石圈的物质组成与构造演化(北京大学博士论文),1990.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

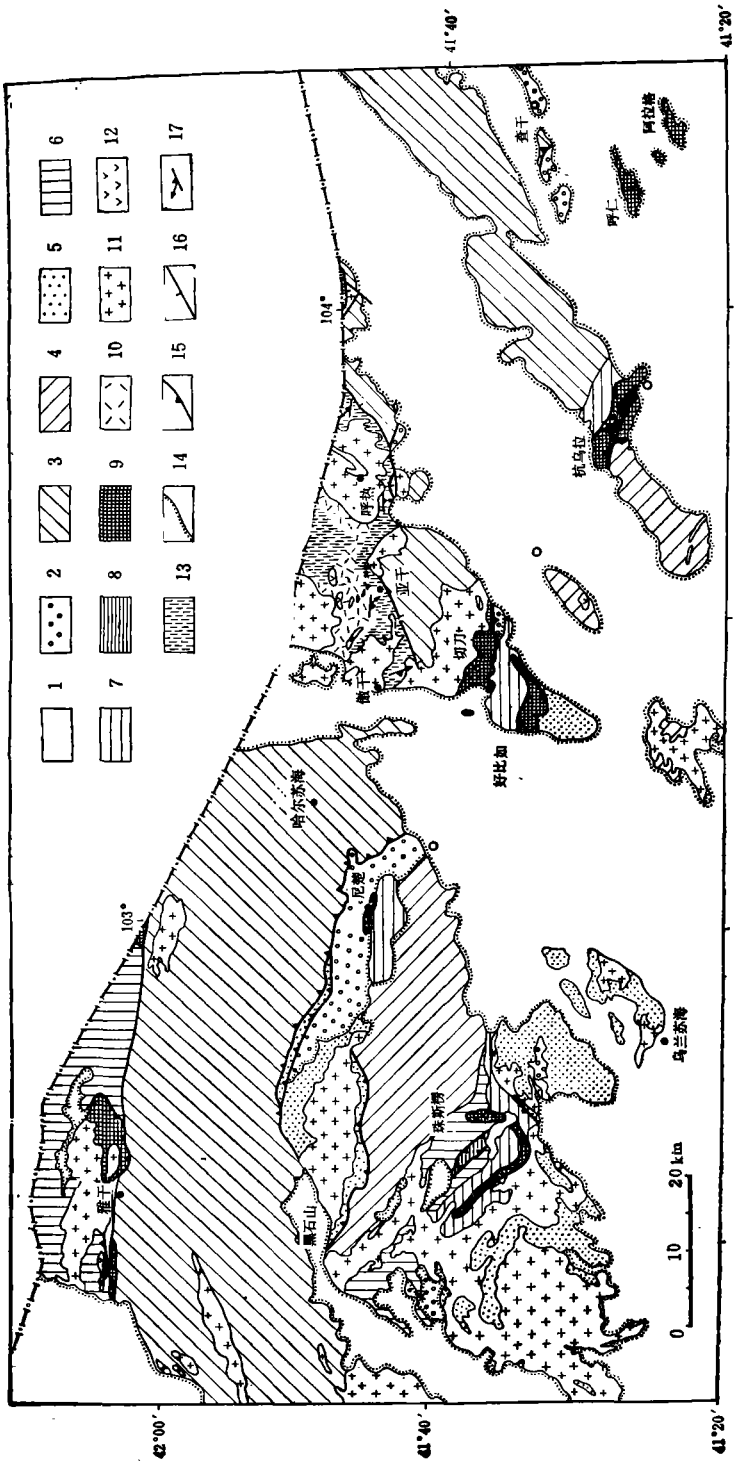


图 1 内蒙古自治区研究区简化地质图

(1——白垩系，2——上三叠统，3——上二叠统，4——下二叠统，5——石炭系，6——泥盆系，7——志留系，8——寒武和奥陶系，9——中元古界，10——下元古界(?)，11——花岗岩类岩体，12——基性岩体，13——糜棱岩，14——不整合，15——逆冲断层(三角示上盘)，16——拆离断层，17——面理和线理产状)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

下侏罗统)为典型的磨拉石沉积，其中含 *Neocalamites*[3]，表明造山期为晚古生代至早中三叠世，即海西-印支期。

二、推覆构造

本区东西长 200 km，南北宽约 60 km 的广大地区内散布着大小不等的飞来峰群，主要由中元古界厚层状白云岩组成。这些飞来峰盖在从寒武至上三叠统不同时代的地层之上。其中大型者为雅干飞来峰、珠斯楞飞来峰、切刀-好比如飞来峰和杭乌拉飞来峰（图 1）。飞来峰下的逆冲断层出露平均高度为海拔 1000 m；雅干区最高，海拔 1250 m，向南、向东逐渐降低至阿拉格(海拔 780 m)。由于断层面在全区的最大高差不过 500 m，如不放大垂直比例，小比例尺剖面难以表示断面的起伏。沿断层面见有几十厘米至几米厚的断层泥，表明变形过程以脆性行为为主。

推覆体之下，由于向北倾斜的叠瓦断层分割，致使构造复杂。为便于描述，将推覆体下的大逆冲断层称为中蒙边界逆冲断层。该断层在雅干区的南部将中元古界的白云岩推覆到二叠系流纹质火山岩上，北部则使之盖在含泥盆纪化石的安山质火山岩系上(图 1；图版 I-1)。

研究区中部的尼楚附近，含燧石条带的中元古界白云岩呈一东西向带状丘陵分布(图版 I-2)。白云岩与下伏的上三叠统砖红色砂岩和砾岩呈断层接触。沿断面有约 50 cm 厚的断层泥。这一中生代断层在雅干区的北部被辉长岩和花岗岩体侵入，而这些岩体原定为海西期岩体[4]。

珠斯楞附近，含叠层石的白云岩构成一南北向带状低山与下伏志留（?)-泥盆系砂岩、粉砂质板岩及薄层灰岩断层接触。下盘岩石中的板劈理走向近东西，高角度倾向北。灰岩夹层中盛产珊瑚与腕足类化石。本研究前已采集到 50 余变形珊瑚化石（*Disphyllum* 和 *Sinodisphyllum*）。由于这类珊瑚的原形近圆柱状，而在所产出的岩石中无择优取向，故对其横断面的长短轴进行了系统测量(图 2)，其长短轴的平均比 2:1，应代表岩石变形椭球 *yz* 切面的长短轴比。如果只考虑长短轴比高于平均值的那些化石，则可获得另一平均轴比，本文称之为“高平均轴比”，该值应接近应变椭球 *xz* 剖面的长短轴比。因而主应变轴比 *x*:*y*:*z* 大致为 3:2:1，表明沿 *z* 轴方向大约有 60% 的缩短，低于一般板劈理的应变值[5]。

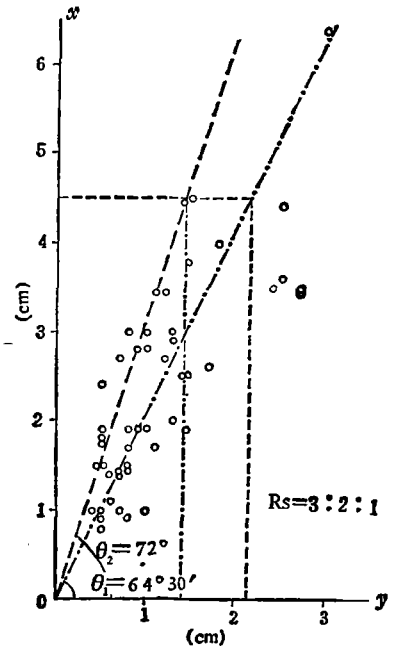


图 2　珠斯楞区上泥盆统灰岩中变形珊瑚化石横截面长短轴坐标图
(测量数 50，说明详见正文)

这里中蒙边界断层沿山坡或山麓出露，延伸 5—6 km（图 3(a)）。沿断层有淡红、浅黄和灰白色断层泥，厚度可达 2—3 m。珠斯楞北部地区，上盘岩层的层理与断层高角度相交，相当于上盘断坡；而南部地区，上盘层理大致与断面平行，像似上盘断坪部分。上盘中发现一些叠瓦逆冲断层，其走向近东西，倾向北，倾角 40—50°。叠瓦断层的一些断面上见有擦面，擦痕指

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

示上盘南冲.

向东至切刀-好比如区,边界断层上盘的地层层位增高(图 3 (b),(c)). 该处北段中元古界地层包括最顶部的硅质页岩逆冲到志留系浊积岩上(图 3 (c)),而南段地区包括寒武系页岩在内的飞来峰盖在石炭系碎屑岩上(图 3 (b)). 上盘地层构成一对背向斜,轴面倒向南.

杭乌拉地区中元古界灰色白云岩逆掩推覆在寒武、奥陶、志留和二叠系地层上. 边界逆冲断层近水平产出,高角度切断上下盘岩层,因而代表原断坡地段. 中元古界岩层构成一倒向南的背斜. 出现一些上盘叠瓦逆冲断层,倾向均向北, 倾角约 40°, 也表明上盘向南逆冲 (图 3 (d)).

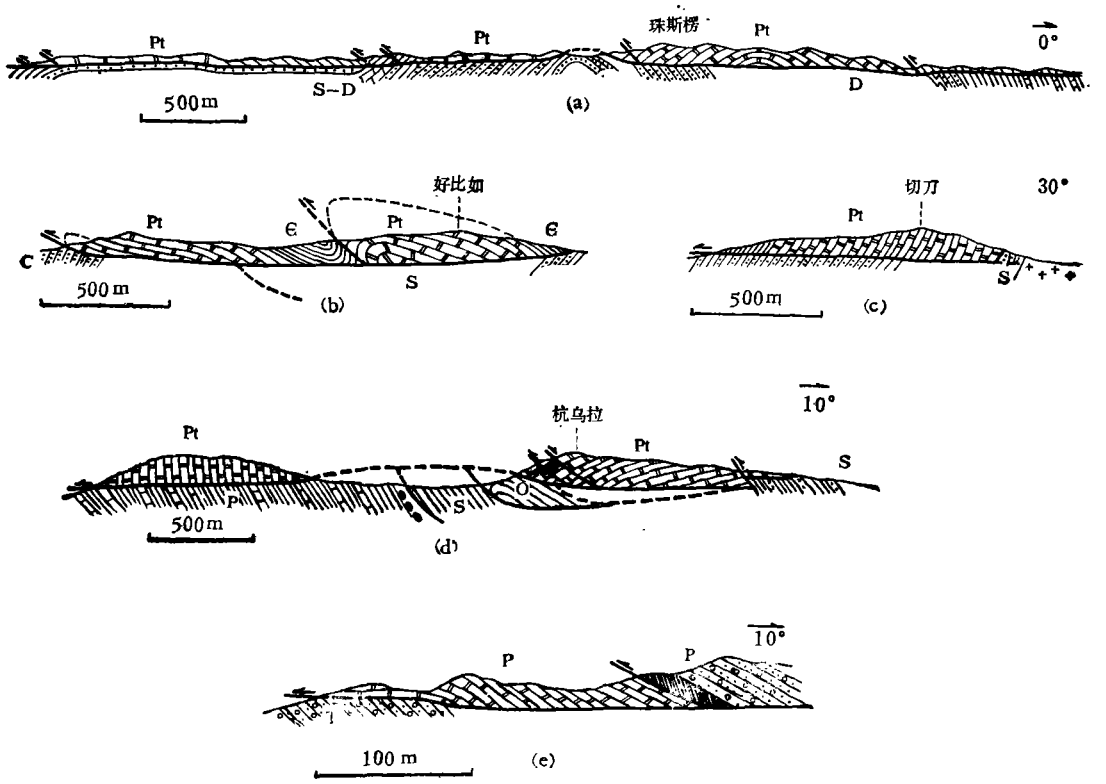


图 3 中蒙边界断层上下盘构造的横剖面图

((a) 珠斯楞剖面; (b) 好比如剖面; (c) 切刀剖面; (d) 杭乌拉剖面; (e) 尼楚剖面. Pt——中元古界白云岩; ∈——寒武奥陶系硅质页岩; S——志留系砂岩及板状粉砂岩; S-D——志留(?)泥盆系砂岩、板状粉砂岩及灰岩; C——上石炭统长石砂岩及安山质凝灰熔岩; P——二叠系板状粉砂岩和生物碎屑灰岩; T——上三叠统砖红色砂岩及砾岩)

呼仁-阿拉格附近的边界逆冲断面由构造后的白垩系砖红色地层所覆盖.

虽然中蒙边界推覆体主要表现为一些飞来峰, 但其底部逆冲断面高程相近和一致的冲断方向,有力地证明上述诸飞来峰原属统一的外来系,规模之大几乎盖覆整个研究区. 显然最北部雅干飞来峰的尾沿至最南端珠斯楞飞来峰的前沿间的距离(约 60 km), 仅是总推覆断距的一部分. 如果按惯例,根据飞来峰前沿和主断层线凹角 (reentrants) 间的距离加倍来推测推覆断距(参见文献[6]图 15), 则推覆距离可能高达 140 km 以上(珠斯楞飞来峰南沿至中蒙边

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

界约 70 km)。但该外来系的北部根带已越过中蒙边界，目前难以准确确定总位移。

三、推覆体下的逆冲断层

推覆体下盘中的构造相当复杂，但以逆冲断层为主。由北向南主要逆冲断层有雅干断层、尼楚-查干断层、黑石山断层和珠斯楞断层。其中最长者是尼楚北向南东东延伸至查干的断层。该断层将上二叠统火山岩、灰岩和浊积岩推覆至上三叠统磨拉石相沉积岩上。断层面倾向北，倾角小于 10°。沿断层面有几十厘米的断层泥。断层上盘中的叠瓦逆冲断层和倒向南的褶皱轴面劈理均倾向北(图 3 (e))。该断层与上覆边界断层交线构成的前断支线[7]，一般均已剥蚀或被年青的岩体侵入。只有一些为数不多的断支线露头残存下来，一些位于东部查干附近，另一些位于西侧黑石山北约 50 km 处。上述两地间的连线方向为 100°—280° 左右，相当于断支线的总体走向。后断支线位于该线以北尚未出露。这样，中蒙边界逆冲断层和尼楚-查干断层的总体逆冲方向应为 190°。

推覆体下盘中的其他逆冲断层产状和性质相似，它们在边界断层下将下盘岩石分割成一些马石断块并构成倾向腹地的双重构造体系[6]，该双重构造表明逆冲断层的演化为背驮方式[8]。由于边界断层的断距最大，表明该断层就位以后，逆冲作用的强度便大大减弱。

四、变质核杂岩

变质杂岩的露头广泛分布在研究区的中北部亚干以北一带(图 1)主要由糜棱岩、云母斜长片麻岩、变粒岩及各种辉长、二长及斜长花岗岩体组成。这些岩石沿北东向伸入蒙古人民共和国境内，平面呈一椭圆形，长 90 km 左右，宽约 30 km。在我国境内的变质杂岩构成一东西向背形，背形南翼糜棱岩面理平缓倾向南，倾角一般小于 30°，露头宽 2—5 km，厚约 1km (图 4；图版 I-3)。糜棱岩组构发育(图版 I-4)，主要由带状石英、定向的云母及不对称长石眼球组成(图版 II-1,2)。线理产状在 15 km 宽，约 40 km 长的范围内相当稳定，取向 165° 或345°

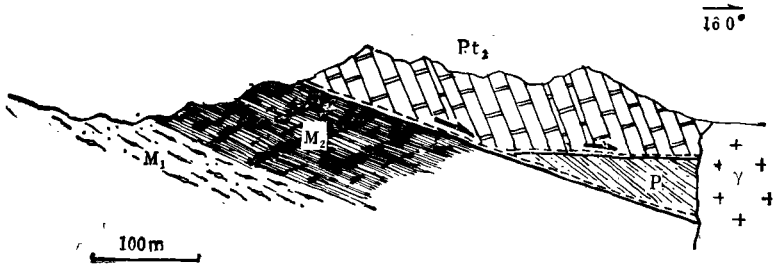


图 4　呼热拆离断层、推覆构造与变质核杂岩间的关系

(M_1——糜棱岩；M_2——绿泥石化糜棱岩，北西向张裂隙中充填伟晶岩脉(钾氩年龄 93.8±7 Ma)；Pt_2——中元古界白云岩；P——二叠系砂岩及板状粉砂岩；γ——斑状花岗岩)

(图 1)。相对脆性组份(如长石和石榴石)的不对称眼球体[9]，S-C 组构关系 (图版 II-1) 和云母“鱼”(图版 II-2) 均指示构造上层相对下层的向南向下剪切运动。糜棱岩中的带状白云大理岩中的流动构造极为显著 (图版 II-3)。糜棱岩带中，常见枢纽与拉伸线理平行或大致平行的 a 型褶皱(图版 II-4)，其中有些是鞘褶皱。这些褶皱表明糜棱岩带中的岩石经历了很大的剪应变。糜棱岩的底界不清，向下逐渐过渡为糜棱状花岗岩。糜棱状花岗岩中的面理、线

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

理产状几乎与糜棱岩中的一样,但发育程度大大减弱.

糜棱岩带的上部被一大型低角正断层—呼热拆离断层截断. 该断层下约 100 m 范围内,糜棱岩破裂退化变质为绿泥石化角砾岩(图 4; 图版 I-3). 糜棱岩带中铲形断层和陡倾正断层颇为常见. 断层通常倾向 140—150°,倾角 50—60°. 断层面上的擦痕与断面的倾向近一致. 断层岩是一些未粘结的断层泥和断层角砾,显然为地壳浅层中的产物. 断层两侧常有宽度不等的绿泥石化带,其宽度取决于断层规模,小断层宽几厘米,大断层宽几十米. 这些特征总体上与北美 Cordillera 区的伸展变质核杂岩相似[10,11],很可能也具有类似的成因.

根据断层的现在倾角和断层过程中下盘长英质岩石的韧性表现,估计上盘沿呼热拆离断层向南的最小位移为 19—24 km[11-13],说明地壳这一地段一度经历了南北向强烈的拉伸.

五、变质核杂岩与推覆构造关系的讨论

根据图 1 判断,中蒙边界推覆体一度几乎布满整个研究区. 边界逆冲断层直接涉及上三叠统地层(可能还包括一部分下侏罗统),一部分为中生代花岗岩体吞没,另一部分为白垩系地层覆盖,故推覆体就位时代很可能为侏罗纪. 变质核杂岩和拆离断层所涉及的地层关系相似,但使部分中生代花岗岩(钾氩年龄 128—135 Ma)[1] 糜棱岩化,而在糜棱岩化过程晚期所形成的贯入绿泥石化糜棱岩中的伟晶脉的钾氩年龄为 93.8±7 Ma[2]. 看来推覆构造的形成早于变质核杂岩. 其实,图 4 所示的关系可以直观看出与变质核杂岩有关的拆离断层上盘,包括中蒙边界断层及其上下盘,因而拆离断层是在推覆体就位后,很可能是在花岗岩侵位过程中形成的.

最近, Burchfiel 和 Royden 提出[14],聚合带内同时的伸展和缩短作用可分三类: (1) 聚合过程中的伸展; (2)俯冲板块的后撤运动所引起的伸展;(3)斜向聚合带中发生的伸展. 这些和本文所述的情况均不相干,因为本区有关的俯冲与碰撞事件很可能发生在石炭二叠纪,它们早在逆冲推覆和伸展拆离作用以前业已完成.

本文所述的杂岩和爱琴海 Cyclades 群岛上的变质核杂岩颇为相似,两者都有北东向的椭圆轮廓和几乎完全相同的线理型式(参看文献[15]图 2). Lister 等认为爱琴海的变质核杂岩与其南部的 Hellenic 海沟的动向有关,但本区的变质核杂岩与南部恩格尔乌苏俯冲带间时代上难以统一.

本区较年青的伸展变质核杂岩与较老的逆冲推覆体间在地理上的密切关系和世界其他区域性伸展构造如北美 Cordillera 区, 中国北京云蒙山区和希腊 Cyclades 区所见的关系很相似[11,15][3],表明伸展变质核杂岩和逆冲推覆两类性质绝然各异的事件之间存在某种相关性, 这种相关性的解释似乎不能停留在板块间的相互作用上, 至少有一部分推覆和伸展构造发生在造山带形成以后,其构造特征和动力来源问题已成为我们面临的重要课题.

钱祥麟、何国琦和 G. A. Davis 教授与作者进行过多次激励性的讨论. G. A. Davis 和

1) 地质矿产部宜昌地质矿产研究所,1980.

2) 北京大学地质系同位素室,1990.

3) Davis, G. A., 郑亚东,中国东部大陆构造及成矿作用讨论会论文摘要,1989.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

王仁教授细心审阅并大大改进本文英语手稿。研究生袁康、张青和王新利协助野外研究，在此一并表示衷心的感谢。

参　考　文　献

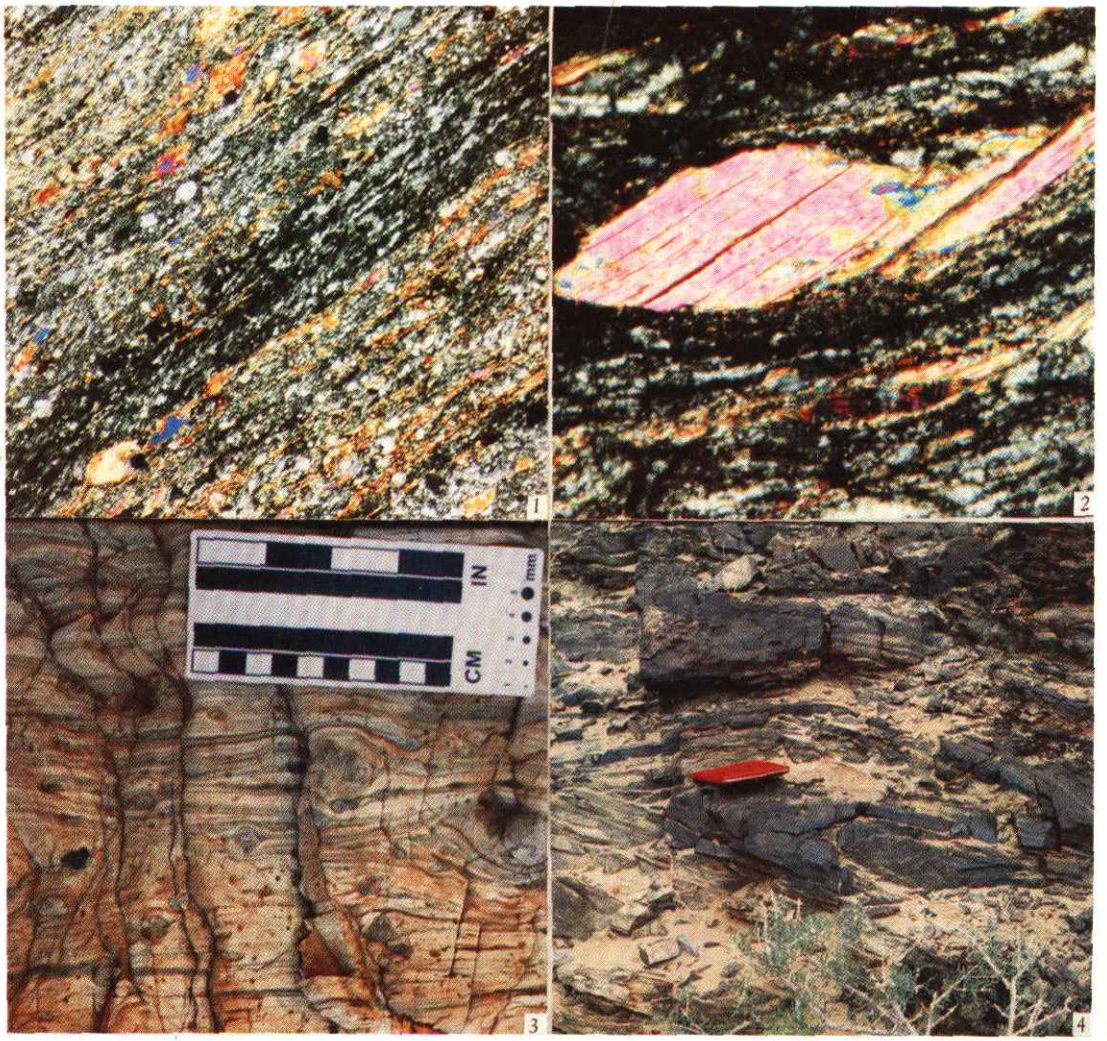
[1] 郑亚东，中国地质，1990，6：32.
[2] 黄汲清、任纪舜等，中国大地构造及其演化，科学出版社，1980.
[3] 宁夏地矿局区测队，哈日奥日布格幅（K-48-XX）地质图及说明书，1982.
[4] 甘肃省地质局地质力学区测队，雅干幅（K-48-XIII），拐子湖幅（K-48-XIX）地质图及说明书，1982.
[5] Wood, D. S., *Ann. Rev. Earth Planet, Sci.*, 1974, 2: 369—401.
[6] Boyer, S. E. & Elliott, D., *Bull. Assoc. Petrol. Geologists*, 1983, 66: 1196—1230.
[7] Hossack, J. R., *J. Struct., Geol.*, 1983, 5: 103—111.
[8] Butler, R. W. H., *J. Struct. Geol.*, 1982, 4. 239—245.
[9] Simpson, C. & Schmid, S. M., *Bull. Geol. Soc. Am.*, 1983, 94: 1281—1288.
[10] Davis, G. A. & Lister, G. S., *Spec. Pap. Geol. Soc. Am.*, 1988, 218: 133—159.
[11] Lister, G. S. & Davis, G. A., *J. Struct. Geol.*, 1989, 11: 65—94.
[12] Sibson, R. H., *J. Geol. Soc. Lond.*, 1979, 133. 191—213.
[13] Anderson, J. L. & Forst, E. G., *Unpublished Technical Reports*, 1981.
[14] Burchfiel, B. C. & Royden, L. H., *Geol. Soc. Am. Abs.*, 1989, 21: 61.
[15] Lister, G. S., Banga, G. & Feenstra, A., *Geology*, 1984, 12: 221—225.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



1. 雅干东飞来峰　中蒙边界逆冲断层沿山麓出露，上盘为中元古白云岩，下盘为二叠系流纹质火山岩. 镜头方向北西；2. 尼楚飞来峰　上盘为中元古白云岩，下盘为上三叠统砖红色砂砾岩　后者不整合于志留系砂岩和板状粉砂岩（人站处）上；3. 上述剖面的照片，呼热拆离断层倾向南，倾角约20°. 中元古未变质的白云岩（右上侧）盖在绿泥石化角砾状糜棱岩（中部）和糜棱岩（左侧）上（呼热南，镜头北东东），4. 糜棱岩中的面理和线理（亚千）

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



1. 糜棱岩中的石英条带，定向云母和不对称长石眼球　S-C组构指示　上层相对下层的向南剪切. 缩尺＝0.5mm，正交偏光(呼热东)，2. 糜棱岩中的云母“鱼”指示层相对下层的向南剪切. 缩尺＝0.1mm，正交偏光(呼热东)；3. 长英质糜棱岩中带状白云大理岩内的流动构造(呼热东)、4. 绿泥石化糜棱岩中的a型褶皱　野薄背与褶皱枢纽、拉伸线理平行、倾角340°(呼热东)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net