* 博士后研究 *

中蒙边界亚干变质核杂岩糜棱状花岗岩的构造特征

——对核杂岩运动学、年代学的限定意义*

王 涛[1] 郑亚东[1] 李天斌[2] 马铭波[1] 高永军[1]

1. 北京大学地质系,北京 100871; 2. 中国地质调查局宁夏地质调查院, 银川 750021

摘要 糜棱状花岗岩是研究核杂岩运动学、动力学和年代学的理想标志体. 它们呈线型平行主期伸展面理展布,去应变后,初始形态轴比也近席状. 岩石具典型的 S-L和 L 组构,变形类型以单剪为主,纯剪次之. 多种剪切标志指示上盘向南南东剪切,反映了核杂岩的运动学特点. 不同岩体变形强弱差异有别,但面线产状一致,显示了递进的韧性剪切作用,其组构发育机制具有(亚)岩浆流动机制→高温固态流动→中低温固态流动连续过渡特点. 上述特征显示,该类岩体是同伸展构造早期岩体的可能性较大. 结合年代学研究,揭示该区在早中生代中下地壳可能发生伸展变形.

关键词 糜棱状花岗岩 组构 同伸展构造 亚干

中蒙边界发现的亚干变质核杂岩是我国最为典型的变质核杂岩[1,2], 它作为伸展构造的典型代表将中东亚中生代局部高应变伸展作用区扩展至中亚大陆腹地,揭示了陆内大型伸展变形. 令人瞩目的是,它与大型陆内推覆构造有成因关系[2,3]. 这些重要的构造现象已引起了国外有关学者的关注[4~6]. 近期美国学者在蒙古境内开展了对比研究,确认了亚干~翁奇海尔罕变质核杂岩[4]. 目前对该核杂岩的产状、结构、组成、形成机制等已有深入研究[1,2,4]; 而其动力学及年代学正成为关注和是重点探索的问题. 该核杂岩中的糜棱状花岗岩或花岗质糜棱岩是研究这些问题的理想标志体之一.

1 区域地质背景

亚干变质核杂岩位于内蒙阿拉善盟西部中蒙边境;产于海西印支造山带内. 古生界为造山前沉积,上二叠统经历了区域性绿片岩相变质. 三叠纪的陆相磨拉石标志最后的造山结束. 侏罗系和早白垩统为同伸展盆地快速堆积产物. 亚干核杂岩发育于该区造山后大规模推覆构造之后[2,3]. 仅据目前获得的年龄资料(同构造花岗岩及糜棱岩年龄为 160~128 Ma[2,3])和中侏罗世、白垩世同伸展沉积盆地的发育,亚干核杂岩至少开始于早侏罗世,并持续到晚白垩世之后(该地层中仍见大量核杂岩砾石).

2000-08-10 收稿,2000-11-30 收修改稿

* 国家自然科学基金(批准号: 49872072)和中国博士后科学基金资助项目

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

2　亚干核杂岩的基本特征

亚干核杂岩由变质核、拆离带及上盘组成，其中变质核由角闪岩相条带状混合片麻岩、片麻岩、大理岩-糜棱状片(麻)岩、糜棱状花岗质岩体和绿片岩相石英片岩4个单位及花岗岩体组成．它们由核向外由下向上依次叠置，可能反映了原不同地壳层次岩片的伸展叠置．此外，变质核外侧及近拆离带叠加有绿泥石、绿帘石退变质带．这些特征反映了核杂岩由深部到浅部的递进伸展抬升过程．

变质核构造以发育伸展剪切面理和线理为特征．面理总体向南缓倾，局部向南东、南西，北西缓倾．线理总体倾向SEE，各类剪切指向示顶部向南运动．在一些地带，可观察到该面理对一些褶皱的改造置换，残留的褶皱转折端包络面与伸展面理大角度斜交，翼部已置换为伸展面理，交面线理向西缓倾(与伸展面理大角度斜交)；有时在伸展面理中还可见一些面内褶皱和面理．这有可能是早期构造的残迹，说明伸展面理至少是S_2面理．

3　糜棱状花岗岩体的构造特征

该变质核中能确认的副变质岩仅占核杂岩的10%～30%，其余大部分为花岗质片麻岩、糜棱状花岗岩或花岗质糜棱岩，原岩可能为古侵入岩体．有些岩体可见变粒岩、片麻岩包体，局部见斜截变质地层．这类岩体岩石类型有规模较小的灰黑色糜棱状含小斑黑云母花岗闪岩、糜棱状中粒黑云母二长岩、糜棱状中细黑云母二长花岗岩．而规模较大且最为典型的为糜棱状中粗粒含斑黑云母二长岩、二长花岗岩，其在水泉沟最为发育，可称之为水泉沟岩体．

上述糜棱状花岗岩多为准铝质，少数为过铝质，岩石类型具有I/S型过渡特点，其中规模最大的糜棱状中粗粒含斑黑云母二长岩Al_2O_3，FeO^*略高，特别是K_2O高(4.71～8.22)，K_2O/Na_2O比值>0.5(0.95～2.08)，显示有钾玄岩系列特点，个别达到超钾玄岩系列，且碱值高，达到碱性花岗岩的富碱程度．在很多构造环境判别图中，落入板内拉张构造环境，暗示在核杂岩成型之前该区就可能处于伸展构造环境．它们的构造变形特征研究就具有重要意义．

3.1　形态及产状

上述糜棱状岩体均平行主期伸展面理呈线型(脉状或席状)展布．规模不等，小者宽约5～20 m，长可达数百米，与大理岩等变质地层多呈交互产出；一般宽几十米至百余米，延伸达数百米至几十公里．其中最大的糜棱状花岗质岩体即水泉沟岩体沿拆离带发育，岩体顶部已改造为超糜棱岩及绿泥石化带．它宽约2 km，长至少40 km，轴比达20．据估算，水泉沟岩体在地表面(近*XY*和*YZ*面)上，岩石应变轴率最大约为3；若去应变，岩体初始形态轴比也达7左右，表明岩体呈岩墙侵位．

3.2　变形特征

上述糜状岩石普遍发育显著的透入性面理和拉伸、矿物线理．岩石则呈现S-L组构，而且很多为L>S甚至为L组构，故在变形类型上显示了强烈的剪切变形和局部的拉伸变形．各种尺度大量的剪切运动学标志的发育也显示了这种剪切变形，如伸展褶劈理(C′)、S-C组构、不对称眼球、不对称褶皱、旋转碎斑、多米诺骨牌等．它们与区域伸展构造要素产状和运动学特征一致，均指示上盘向SSE剪切．以前几乎所有描述该杂岩韧性伸展变形的实例均取自该变形岩体[1～3,7,8]．

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

为了定量了解变形特征,我们进行了三维有限应变测量. 由于石英动态重结晶强烈,多呈拔丝状,不易准确测定应变特别是应变类型. 我们主要以长石为标志体用 Rf/φ 法与 Fry 法测定岩石组构特点,重点对规模较大的水泉沟糜棱状花岗岩体进行了测量. 6 个点的测量结果显示,应变类型 LOD 参数(ν)为 0.19 ~ 0.32,表明以简单剪切为主、压扁次之. 应变强度 *Es* 可达 0.62 ~ 0.83,这只代表变形长石的最小值.

不同岩体变形强弱有别,但面、线产状及应变类型一致,表明经历了相同的递进剪切拉伸变形. 如在水泉沟,主体岩石含斑中粒黑云母二长岩变形极强,而侵入其中的较晚的含斑中粒黑云母二长花岗岩体和含石榴石二长花岗岩强度显著减弱,而更晚的浅色花岗岩体变形更弱,但它们发育的面、线理产状相同,表明这些岩体的依次侵位伴随着递进伸展剪切变形. 最晚期岩体侵位后,韧性剪切变形已近结束.

3.3 组构发育机制及变形环境

有些岩体不同程度具有(亚)岩浆流动机制→高温固态流动→中低温固态流动连续过渡特点. 岩浆流动机制组构表现为成分条带、暗色析离体及包体的定向;弱变形岩体中一些自形长石晶体也略显定向. 在水泉沟,石榴石花岗岩中的石榴石、磁铁矿集合体略定向. 高温固态流动组构以斜长石、钾长石强烈的动态重结晶集合体条带为特征,显示了高温(至少 > 600℃)固态变形[9]. 石英呈现较粗的动态重结晶集合体条带. 这表明在岩浆结晶过程中或不久就发生了高温变形,这是同构造岩体及同侵位变形特征[9~11]. 斜长石脆性破碎、石英的强烈细粒化条带及白云母、绢云母的生成反映了后期中低温(400 ~ 300℃)[9]固态变形的叠加. 这种由高温向低温固态变形的连续发育是同构造花岗岩的特征[11~13]. 而之后进一步强烈糜棱岩化形成超糜棱岩,并叠加绿泥石化碎裂岩带.

4 讨论及结论

4.1 同构造花岗岩还是前构造花岗岩

花岗岩体与主期构造的时间关系即同构造花岗岩鉴别对区域构造演化分析至关重要[9~13]. 上述糜棱状花岗岩体与核杂岩韧性伸展的关系至少有两种可能:一是同伸展构造变形岩体;二是前伸展构造岩体被伸展变形改造的产物. 根据上述特征分析,前一种可能性大. (1)如果是早期挤压造山热事件岩体,势必遭受早期构造变形改造,应有面理叠加置换迹象,如一些已识别的早期花岗岩体(花岗岩质片麻岩体)已经改造为片麻岩体;而上述岩体仅表现为糜棱岩化,还未改造成片麻岩;从变形类型和拉伸方向看,所观测到的一系列变形均属核杂岩韧性伸展变形,并未见叠加变形如残留的早期构造形迹,否则,就难以用于进行伸展应变分析. 另外,不同时期、不同变形强度岩体的面线产状及应变类型均一致,显示了与不同期次侵入活动相伴的递进韧性伸展变形. (2)如果是早期造山事件晚期的未变形岩体,其形态应近圆形、长椭圆形或不规则状,而上述岩体如水泉沟岩体,去应变后的初始形态仍为岩席状,说明有可能是沿已开始发育的伸展剪切面理侵位的. 实际上,变质核杂岩形成过程中,常常伴随有花岗岩体(席)顺面理及拆离带侵入,早期岩体遭受了较强的伸展剪切变形改造,晚期岩体较弱,甚至不变形. 这种现象是不乏其例的. 另外,亚干核杂岩中还发育同构造晚期花岗岩,为大量的椭圆形、不规则状花岗岩体,中部块状构造,边部显示微弱的面理、线理,我们新获得锆石年龄 135 Ma,与拆离带附近糜棱岩冷却年龄 126 ~ 150 Ma 相近,代表韧性伸展晚期阶段的热事件.

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

当然，亚干核杂岩中也存在伸展之前的早期岩体，除以识别的花岗质片麻岩体外，是否还存在其他形式的岩体，还有待进一步研究.

4.2 意义

本区糜棱状花岗岩体可以作为同伸展构造早期岩体，其构造研究具有重要意义.（1）这些岩体可以作为构造变形标志体来分析早期韧性伸展变形. 由于多期变形叠加和标志体的缺乏，变质岩的应变测量较为困难，不宜准确确定变形特征. 而花岗岩岩石均匀、标志体明显，易进行应变测量，可较准确地确定早期区域变形特点. 更重要的是对不同期次的花岗岩分别进行应变测量可定量确定早期及各期变形特征进而重建变形史.（2）通过不同期次变形岩体的定年（如锆石 U-Pb，Rb-Sr 定年等）可以准确限定韧性伸展的时限. 我们对水泉沟糜棱状似斑黑云母二长花岗岩获得锆石 U-Pb 年龄（228 ± 7）Ma，限定了岩体同侵位变形的下限，表明在早中生代该区中下地壳可能已发生伸展变形[1)]. 从目前国内外研究现状来看，核杂岩形成时代的定年大都集中于拆离带附近的糜棱岩，得出的 Ar-Ar 年龄一般偏新，限定的形成时间偏短. 如 Webb 仅用糜棱岩的黑云母冷却年龄来确定亚干核杂岩的形成时代[4]. 这有可能忽略了早期更深层次的变形.（3）结合花岗岩成因和形成环境的研究可以为判定区域构造环境和构造变动提供信息. 值得注意的是，水泉沟糜棱状似斑黑云母二长花岗岩为拉张构造环境的钾质花岗岩，揭示该区早在早中生代中下地壳发生伸展变形的可能. 它与变质核杂岩（150 ~ 126 Ma）[1,4]指示的区域性伸展是两个独立的构造旋回还是一个连续过程中不同地壳层次构造的耦合值得进一步研究.

致谢　刘树文，张进江参加了部分野外工作，及有益的学术讨论，在此致谢.

参　考　文　献

1 Zheng Y, et al. The Yagan metamorphic core complex and extensional detachment fault in Inner Mongolia. Acta Geologica Sinica, 1994, 7(2): 125

2 Zheng Y, et al. An enormous thrust nappe and extensional metamorphic core complex newly discovered in Sino-Mongolian boundary area. Science in China (series B), 1991, 34(9): 1146

3 Zheng Y, et al. Great Jurassic thrust sheets in Beishan (North Mountains)-Gobi areas of China and southern Mongolia. J Struct Geol, 1996, 18(9): 1111

4 Webb L E, et al. Occurrence, age, and implication of the Yangan-Onch Hayrhan metamorphic core complex, southern Mongolia. Geology, 1999, 27(2): 143

5 Webb L E, et al. Characteristics and implications of the Onch Hayrhan metamorphic core complex of southern Mongolia: Eos (Transactions, American Geophysical Union), 1997, 78: 174

6 Johnson C L, et al. Sedimentary response to late Mesozoic extension, southern Mongolia: Eos (Transactions, American Geophysical Union), 1997, 78: 175

7 郑亚东，等. 内蒙亚干变质核杂岩核内递进伸展作用. 伸展构造研究. 北京：地质出版社，1994. 4 ~ 11

8 郑亚东，等. 亚干变质核杂岩的运动学涡度与剪切作用类型. 地质科学，1999，34(3)：227

9 Paterson S R, et al. Interpreting magmatic fabric patterns in plutons. Lithos, 1998, 48: 53

1）王　涛，等. 中蒙边界亚干变质核杂岩糜棱状钾质花岗岩——早中生代收缩与伸展构造体制的转换标志（待发表）

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

10 Miller R B, et al. The transition from magmatic to high-temperature solid-state deformation: Implications from the Mount Stuart batholith, Washington. Journal of Structural Geology, 16: 853

11 Schulmann K, et al. High-temperature microstructures and theology of deformed granite, Erzgebrige, Bohemian Massif. Journal of Structural Geology, 1996, 18(6): 19

12 Tribe I R, et al. Significance of a hiatus in down-temperature fabric development within syn-tectonic quartz diorite complexes, Channel Island, UK J Geol Soc London, 1996, 153: 27

13 Schofield D L, et al. Relationships between syn-tectonic granite fabrics and regional PTt paths: An example from the Gander-Avalon boundary of NE Newfoundland. J Struct Geol, 1998, 20: 459

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