

华北东部中生代构造格局转换过程中的深部作用与浅部响应

邵济安¹⁾ 牟保磊¹⁾ 张履桥²⁾

1) 北京大学, 100871; 2) 内蒙古地质研究所, 呼和浩特, 010020

内容提要 华北晚中生代构造岩浆岩带作为一个新的构造格局, 以其鲜明的 NNE 走向横跨在古亚洲域不同构造单元之上。在华北东部清楚地保留了标志早中生代格局转换过程的各种信息。本文所列举的晚三叠世超镁铁—镁铁质和碱性侵入岩、堆晶岩、麻粒岩就是下地壳底部壳幔相互作用的产物; 早—中侏罗世的辉绿岩岩墙群、玄武岩及安粗岩系列的火山岩是中、上部地壳岩浆活动的表现, 与此同时的受裂陷槽控制的含煤类磨拉石及火山—磨拉石建造则是地表的响应。由沉积—构造—岩浆岩带标志的 NEE 新格局在展布上受到新生性和继承性两类构造因素的控制。由此笔者认为, 深部作用是构造格局转换过程的主导因素, 地表的变形和建造是它的响应。

关键词 华北东部 中生代 构造格局转换 深部作用 浅部响应

华北是中国地质学的摇篮, 不但研究得早, 研究的人多, 而且由于华北地质的特殊性, 也从这里产生过许多有价值的学术思想。老一代地质学家提出的“燕山运动”(翁文灏, 1929)、“华北断块”、“地台活化”等观点无一不是依据了大量第一手资料, 有其独到之处。共同的一点是他们都注意了华北与典型的具克拉通基底的稳定地台有明显区别, 中生代以强烈的构造岩浆活动为代表(王曰伦, 1957; 赵宗溥, 1959; 马宗晋, 1964; 刘训, 1982; 鲍亦冈等, 1983, 1995; 和政军等, 1998; 许保良等, 1999; 白志民等, 1999)。华北由大兴安岭、燕山、太行山组成的中生代构造岩浆岩带作为一个新的构造格局, 以其清晰的 NE 走向横跨在古亚洲域的不同构造单元之上。随之而来的一个问题是这一构造格局的巨大变革起始于什么时间? 引发转折的机制是什么? 围绕这两个问题前人已经作了很多研究, 有人认为发生在早燕山期末(赵越, 1990)或中侏罗世末(王喻, 1996), 有人认为发生在印支运动中(崔盛芹等, 1983)或者从印支期开始到燕山期才最终完成(任纪舜等, 1997)。认识上的差异可能源自对转折标志理解的不同。至于转折起因有人认为与相邻大洋板块的俯冲有关(程裕淇, 1994); 有人认为是受到了其他天体作用(张宏仁, 1998); 有人认为由于大陆岩石圈深部作用(陈国达, 1956, 1958, 1959, 1960, 1964), 至于引起深部作用的动因也有主动、被动等不同观点。由此可见, 围绕华北引人瞩目的构造格局转换问题还有深入讨论的必要。

基于对构造格局转换概念的不同理解, 本文首先阐明自己的观点。纵观东亚陆缘长达 6000km 的中生代构造岩浆岩带, 不难看出, 华北东部所见到的只是其中的一段。如果从全球范围看, 晚中生代所显示出来的是近南北走向的大构造格局(包括巨大的洋脊、山脊、裂谷), 如此宏伟的新格局形成是有其全球性深部构造背景的, 绝非是区域性浅表层块体的相互作用所

注: 本文为国家自然科学基金资助项目(编号 49672156, 49872079)的成果。

本文 1999 年 5 月收到, 8 月改回。章雨旭编辑。

能决定的。因此我们把构造格局转换理解为:从深部发动的,具有区域规模的一系列深源岩浆活动是格局转换的主要标志,滞后的地表变形及火山—沉积作用是它的响应,新格局的展布将受到继承性和新生性两类构造因素的控制。本文将在这一认识基础上讨论引起构造格局转换的深部地质作用,然后探寻它们在地壳浅表层的响应。

1 早中生代的底侵作用

构造格局转换动因来自地球深部,因此底侵作用则是下地壳接收到的第一个信息,底侵作用是指来自上地幔部分熔融产生的玄武质岩浆添加到下地壳,或者以岩墙群方式贯入中上部地壳,也包括在下地壳形成的壳幔混熔岩浆对上部地壳的添加。底侵作用阶段壳幔相互作用为主,此时的地表可以处于相对平静的隆升剥蚀状态,没有大规模的构造变形,但从构造演化角度看,在地壳深部以岩浆活动为标志的地质作用已经开始了,因此这种深部地质作用应纳入新的构造演化阶段。

近年来在内蒙古东部,从大兴安岭到华北克拉通发现了一系列早中生代镁铁质—超镁铁质侵入岩(邵济安等,1997)、堆晶岩(邵济安等,1997)、麻粒岩以及碱性或碱性超基性岩(牟保磊等,1992)。镁铁质—超镁铁质岩石包括甘珠尔庙的纯橄岩、辉长岩(U—Pb 年龄 240 Ma)、海苏坝的次闪石化辉石岩(Rb—Sr 年龄 201 Ma)、林西二八地辉长岩(Rb—Sr 年龄 228 Ma),它们均侵位于二叠纪地层中。从大兴安岭林西县到喀喇沁地区,一共发现九处堆晶岩,它们是作为捕虏体赋存在闪长岩(K—Ar 年龄 237~214 Ma)中,大者达 0.6 km²,具有典型层状火成岩的结构特征。这些岩石中具有地幔显交代的矿物组合:韭闪石、金云母、磷灰石岩。从微量元素及稀土元素组成来看,它们具有分离结晶过程的元素地球化学特征(邵济安等,1997)。在喀喇沁旗地区的大营子闪长岩中还发现了基性(SiO₂ 含量 42%~52%)麻粒岩捕虏体,它们是一套正变质岩,原岩可能是堆晶岩,含有紫苏辉石、金云母,以高镁低铁区别于华北克拉通结晶基底变质岩系,该区结晶基底中由中性麻粒岩和英云闪长岩组成的 TTG 岩石的锆石 U—Pb 年龄为 2500±Ma(牟保磊等,1999)。通过二辉石温度计计算的温度为 850~950℃,形成深度 < 35 km,(详文待发)。此外在华北克拉通地区还发现早中生代的碱性岩或偏碱性的超基性岩,包括矾山层状钾质正长辉石岩—正长岩,其中贯有火

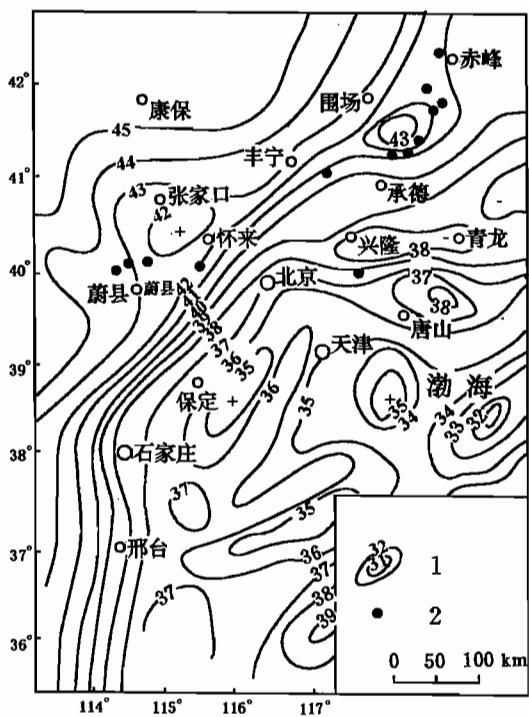


图 1 河北省莫霍面等深线图(据张尔匡,1981)
 Fig. 1 Contour map of Moho-discontinuity in Hebei Province (after Zhang Erkuang, 1981)
 1—莫霍面等深线;2—早中生代镁铁质—超镁铁质岩和碱性岩
 1—Isobath of Moho; 2—Mesozoic mafic—ultramafic rocks and alkalic rocks

成碳酸岩脉(胡勤夫等,1990),类似的岩体在河北阳源县姚家庄、蓟县及山西怀仁(王时麒等,1994)等地都有发现,此外还有一系列霓辉正长岩、正长岩分布在内蒙古包头、四子王旗、凉城、天镇和察哈尔右旗(阎国翰等,1998)。上述四种岩石都是来源于地幔、形成在下地壳的一套深成岩—变质岩组合。

从这套深源岩石中我们测试了10个同位素年龄(邵济安等,1997,1999;牟保磊等,1999),收集了6个年龄数据(阎国翰等,1998),它们集中在240~202 Ma。此外本文还引用了阎国翰等人的碱性岩年龄(246~190 Ma)(阎国翰等,1998),碱性岩略有偏新的趋势,从晚三叠世延至早侏罗世。大多数年龄是近年测的Rb-Sr等时线年龄,有较高的可信度。这批年龄显示了华北地区早中生代的一次重要热事件,从堆晶岩和碱性杂岩的层状构造来看,这一时期下地壳有过一个稳定的岩浆堆积、分离结晶的环境,在热能集聚的过程中有一个稳定的热变质条件,以至形成前述一系列堆晶岩、麻粒岩、镁铁—超镁铁及碱性的侵入岩。它们是早中生代幔隆背景下底侵作用的产物,标志了中生代一个新的构造—岩浆活动的起始。是华北岩石圈演化过程中不可忽略的一个重要记录。

2 早中生代构造—岩浆岩带的展布及其特征

前述镁铁—超镁铁岩石系列是底侵作用的产物,从空间展布来看,它们是有一定规律的,从大兴安岭中南段甘珠尔庙—林东—林西到赤峰以南喀喇沁—大营子,再经河北隆化、丰宁、涿鹿矾山、阳原一直到内蒙古的凉城、天镇和山西大同、怀仁。基本上组成一个NE—NEE的弧形带,弧形转折部位处于赤峰—隆化—丰宁一带,与这里的重力异常图和莫霍面等值线图上的梯度带相吻合(图1),表明这些岩浆岩的展布是受到深断裂控制的,与这一深断裂平行的平泉—古北口断裂是晚三叠世形成,又被180 Ma早侏罗世的火山沉积岩所覆盖(Davis et al., 1998)。尽管无法判断现今地壳厚度和重力异常与早中生代相比有何变化,但是从有年龄依据的岩浆岩带展布推断,图中所显示的NE—NEE转折的弧形带形成于早中生代。这一NEE走向的构造带向东可延到辽宁、吉林,向西有可能延到鄂尔多斯。它们既区别于古生代的EW走

表1 钾长石⁴⁰Ar-³⁹Ar快中子活化法定年数据

Table 1 The Age data of potash feldspar by ⁴⁰Ar-³⁹Ar fast neutron activation analysis

加热阶段	加热温度 (°C)	$\left(\frac{^{40}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}}\right)_m$	$\left(\frac{^{36}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}}\right)_m$	$\left(\frac{^{37}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}}\right)_m$	$\left(\frac{^{38}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}}\right)_m$	³⁹ Ar _k (10 ⁻¹² mol)	$\frac{^{40}\text{Ar}^*}{^{39}\text{Ar}_k} \pm 1\sigma$	³⁹ Ar _k (%)	视年龄 $t \pm 1\sigma$ (Ma)
1	420	13.095	0.0225	0.5597	0.1667	0.877	6.51 ± 0.1	0.98	137.70 ± 1.28
2	600	11.410	0.0122	0.4665	0.1051	1.81	7.84 ± 0.1	2.03	164.71 ± 1.06
3	700	11.985	0.0095	0.8328	0.1302	2.19	9.20 ± 0.1	2.46	191.84 ± 1.47
4	800	12.401	0.0047	0.4376	0.0702	4.40	11.02 ± 0.1	4.93	227.30 ± 1.85
5	900	11.325	0.0010	0.0714	0.0176	48.1	11.02 ± 0.1	54.00	227.36 ± 1.54
6	1000	11.824	0.0025	0.2661	0.0448	9.22	11.08 ± 0.1	10.34	228.53 ± 1.69
7	1100	11.776	0.0022	0.2135	0.0398	12.4	11.11 ± 0.1	13.92	229.06 ± 1.68
8	1200	12.008	0.0034	0.2953	0.0514	6.18	11.01 ± 0.1	6.93	227.24 ± 1.73
9	1300	13.190	0.0069	0.4596	0.0819	2.69	11.17 ± 0.1	3.02	230.39 ± 2.12
10	1450	20.189	0.0208	0.6706	0.1604	1.23	14.12 ± 0.3	1.38	286.55 ± 6.06

注:钾长石样品重0.15g;照射参数 $J=0.01219$, $\lambda=5.543 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$;中国科学院地质研究所Ar-Ar法定年实验室桑海清测定,测定仪器:英国VSS公司产RGA-10气体源质谱计。

向的构造带,又被晚期 NNE 走向的构造带所切割,笔者在弧形带转折的八里罕—大营子地区进行详细调查,在前中生代岩体中发现一套由北向南走向从 NE50°向 NEE70°转折的弧形强变形带,韧性剪切变形的糜棱岩面理向 NW 倾,其展布与前述早中生代捕虏堆晶岩块的闪长岩展布一致。暗示二者受到同期构造应力场的控制。同样二者也同时被晚中生代的 NNE 走向的高角度剪切面切割。新近对八里罕以西围子一带眼球状糜棱岩中的钾长石进行了 Ar-Ar 法年龄测定,结果为 227 Ma (表 1,图 2),表明韧性剪切变形发生于早中生代。

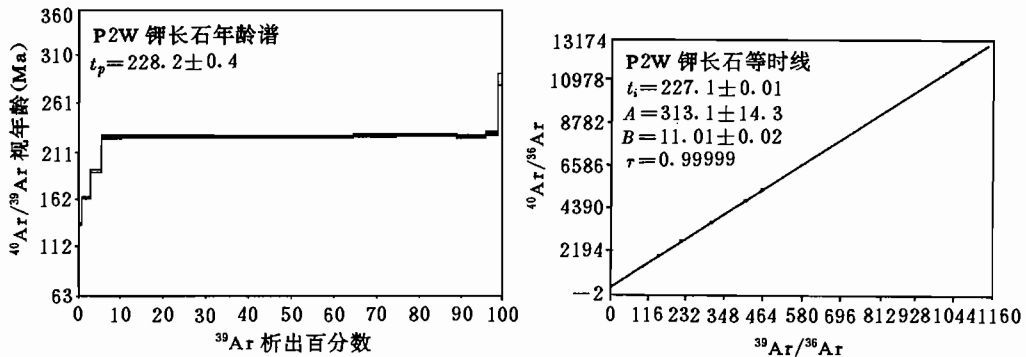


图 2 钾长石 Ar-Ar 年龄图谱

Fig. 2 The Ar-Ar age spectrum-line of potash feldspar

早中生代这套 NEE 走向的构造变形带在某些部位迁就基底老的 EW 向格局,但从总体展布看,从赤峰以北的大兴安岭到包头地区,斜切华北克拉通,显示出它的继承性和新生性特征,是岩石圈深部格局变迁的表现。联系到华北早中生代盆岭格局变化不难理解这一点。从刘绍龙(1986)依据石油物探和钻井资料编的早—中三叠世沉积盆地的岩相古地理图,可以看到,当时华北还是一个东西展布的巨型盆地,而晚三叠世末以吕梁山为界,华北出现了东升西降的局面,西部仍表现为大型沉降盆地,东部则在整体隆升背景下,出现南北差异升降的现象,局部形成一些箱形褶曲或断陷盆地,例如北京西山谷积山箱形背斜(宋鸿林等,1984)和承德县倬罗树开阔的 U 型断陷盆地(杨农等,1996),不排除这时期在岩石圈调整过程中地壳浅表层存在的低角度推覆构造。总之,晚三叠世末在华北地区构造演化历史上是一个重要的转折点。

3 早中生代沉积建造特征

晚三叠世华北出现东西分异格局,东部地区在大面积隆升和差异升降的背景下,形成一套磨拉石建造。冀北、辽西和大兴安岭地区的晚三叠世地层分别被命名为杏石口组、老虎沟组和谭家湾组,主要由一套紫红色、杂色的砂砾岩及少量河湖相沉积岩组成,厚度变化很大(40~1000 m),前两组不整合在中元古界以来的不同时代地层之上。在磨拉石建造的底部砾岩中可见糜棱岩砾石,曾被人们认为是印支运动标志(王瑜,1996)。但是这些快速堆积的粗碎屑岩明显受到同沉积断裂活动的控制,分布在一些箕状或堑状盆地中,如赤城镇宁堡、承德县东楞树所见。镇宁堡箕状断陷盆地中的杏石口组砾岩层远离盆缘断裂时厚度明显减薄,砾石变小。这显然与造山运动形成的、分布更为广泛的磨拉石建造不同。下侏罗统由下部的基性火山岩和上部的煤系地层组成(108~143 m),京西称之为南大岭组和窑坡组。这是一套含煤的类磨拉石建造,它们以含火山岩区别于造山磨拉石建造。同样它们仍受控于断陷构造,如京西和大兴安

岭中南段所见,它们分布于隆起带轴部的断陷盆地中(图3),平行于前述镇宁堡盆缘断裂,有一系列早侏罗世侵入的辉绿岩墙(脉),宽5~20 m。在中侏罗统底部砾岩中有大量辉绿岩砾石,表明早侏罗世断陷盆地、基性岩浆侵位和类磨拉石建造是近于同时形成的,是伸展活动的具体表现和有力证据。中侏罗统是一套火山-磨拉石建造,下部(京西的龙门组,辽西的郭家店组,大兴安岭南段万宝组)为冲积相沉积,与下伏地层是连续沉积的;上部(京西九龙山组,辽西蓝旗组,大兴安岭新民组)为中酸性凝灰

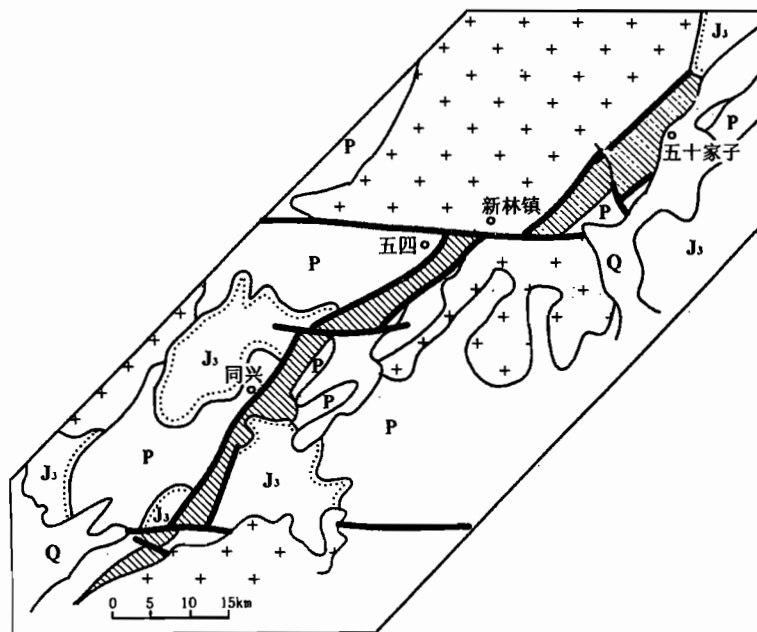


图3 大兴安岭早—中侏罗世断陷盆地
(图中斜线区为早—中侏罗世断陷盆地)

Fig. 3 Early - Middle Jurassic fault basins of Da Hinggan Mts.
(The oblique line shallow zone shows J_{1-2} fault basins)

质火山碎屑岩。大兴安岭中侏罗世地层中还含有煤系地层,明显受断陷盆地控制(赵国龙等, 1989)(图3)。综上所述,从晚三叠世开始,华北地区总的处于总体隆升状态,局部由于断陷活动呈现明显的差异升降。有人认为这是造山运动的表现,磨拉石属于同造山的磨拉石;有人则与贝加尔裂谷中建造性质研究得最清楚的通金盆地对比,该盆地剖面自下而上为含煤建造、赭色建造、凝灰质沉积建造和砂质建造,并引用 A. 格拉切夫的观点认为由下部含煤类磨拉石建造和上部磨拉石建造构成的这种二元结构是弱火山活动的大陆裂谷所特有(马文璞等, 1986)。笔者倾向后一种观点。

中侏罗世末全区发生了一次明显的挤压褶皱变形,致使中、上侏罗统之间为角度不整合接

表2 岩墙群的同位素年龄与主要化学成分

Table 2 Isotopic ages and main chemical constituents of the dike swarms

时代	产地	K-Ar 稀释法 年龄 (Ma)	样品数	主要岩石化学成分 (%)						$\left(\frac{87}{86}\text{Sr}\right)_i$
				SiO ₂	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Mg ^l	FeO*	
J ₁	林西县富林村	199.6 ± 6.9	7	47.69	7.41	0.61	2.55	0.56	10.45	0.7036
J ₂	林西县张五营	170.4 ± 5.2	4	49.13	6.69	0.62	2.60	0.56	9.13	0.7044
J ₂	昌平县居庸关	164.4 ± 3.5	—	—	—	—	—	—	—	—
K ₁	延庆县古崖居	120.4 ± 1.6	—	—	—	—	—	—	—	—
K ₁	林西县吉林坝	100.6 ± 2.7	2	47.73	8.63	0.90	1.97	0.66	8.12	0.7048

注:古崖居年龄为北京大学地质系刘玉林测试,其他为中国科学院地质研究所同位素室桑海清测试。

触。尽管不同学者在地层的时代划分上略有差异,但髫髻山组底部的不整合面为众人认同,翁文灏(1929)当年正是根据这一显著的构造运动界面,提出了我国东部的燕山运动。有人把它作为构造域转折的主要标志(赵越,1990)。这一期构造运动在大兴安岭表现得也十分突出,不仅使地层发生褶皱,而且使中侏罗统及其下伏地层普遍发生低绿片岩相变质。能量聚积的过程促使大地热流值逐渐增高,二连盆地的古地温梯度在中侏罗世 170~150 Ma 期间从 4℃/km 急剧增至 6℃/km(赵林等,1998)。

4 早中生代岩浆建造特征

早中生代由深部发动的构造热事件必然最直接地反映在中上部地壳的岩浆活动上,大兴安岭林西地区和京西北地区存在一套早、中侏罗世和早白垩世的辉绿岩墙群(表 2)。采用 CIPW 矿物分类,侏罗纪辉绿岩为石英拉斑玄武岩系列,早白垩世辉绿岩为橄榄拉斑玄武岩系列。辉绿岩的 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i 0.7036~0.7048, (REE 低, 稀土配分型式呈平缓右倾或平坦型, 采用 Zr/Y-Zr 和 F₁-F₂ 关系判别图, 辉绿岩属典型的大陆拉斑玄武岩, La/Nb=1.14~1.44, 表明这些幔源岩浆受地壳混染程度比较低, 暗示岩浆在岩石圈伸展背景下快速侵位, 根据辉石温度计计算, 当时形成深度于 28~10km(Shao et al., 1998)。

此外, 华北地区早中生代存在一套伸展构造环境下形成的火山岩。冀北辽西地区以早侏罗世南大岭期玄武岩为代表, 属于碱钙性-碱性玄武岩系列, 岩石组合系数(=4.36, 表明地壳混入物少, 原始岩浆来源于上地幔, 裂隙式溢流相的产出特征反映它们形成的伸展构造背景(朱大岗等, 1999)。燕山东段喀喇沁旗二道沟的中侏罗世安山岩 Rb-Sr 等时线年龄 178.8±7.6 Ma, 其 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i=0.7058, 也清楚地反映了岩浆具有壳幔混源(即吴利仁所提的 C-M 型, 1985)特征。北京地区整个燕山期火山岩均属安粗岩系列, 以幔-壳混源岩浆为基本特征(鲍亦冈等, 1995)。从内蒙古、河北一带早中生代花岗岩来看, 也具有同样的特点, 大多数花岗岩的 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i 值集中在 0.705~0.708 之间(表 3)。

表 3 早中生代花岗岩年龄及锶初始值

Table 3 Ages and initial Sr values of the Early Mesozoic granites

地点	岩性	年龄(Ma)		测试方法	($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) _i	资料来源
冀东马兰峪麻地	花岗岩	166	±5	Rb-Sr	0.7180	①
喀喇沁旗板庙沟	钾长花岗岩	166.8	±4.5	Rb-Sr	0.7086	本文
巴林左旗白音诺	二长闪长岩	171		Rb-Sr	0.7033	本文
滦平县黄花顶	花岗岩	173	±3	Rb-Sr	0.7050	①
滦平县肖营子	花岗岩	179.5	±19	Rb-Sr	0.705	①
喀喇沁旗罗家营子	花岗闪长岩	179.9	±6	Rb-Sr	0.7072	本文
白塔子曙光	花岗岩	185.3		U-Pb	0.7058	本文
苏尼特左旗	白云母花岗岩	192.3	±2.6	Rb-Sr	0.707	本文
围场县南东画山	花岗岩	193.5	±11	Rb-Sr	0.711	王瑜, 1996
平泉县王土坊	花岗岩	198.5	±1.8	Rb-Sr	0.706	①
苏尼特左旗	白云母花岗岩	200.9	±4.6	Rb-Sr	0.705	王瑜, 1996
蓟县盘山	花岗岩	203	±3	Rb-Sr	0.704	①
平泉县光头山	碱性花岗岩	203	±3	Rb-Sr	0.705	①
五十家子黑山头	黑云母花岗岩	213.6	±8	Rb-Sr	0.7049	本文
丰宁县光岭山	二长花岗岩	232.7	±25	Rb-Sr	0.707	①

① 河北省地质局综合队, 1990. 河北省中酸性岩体地质特征及其与成矿关系的研究(内部刊物).

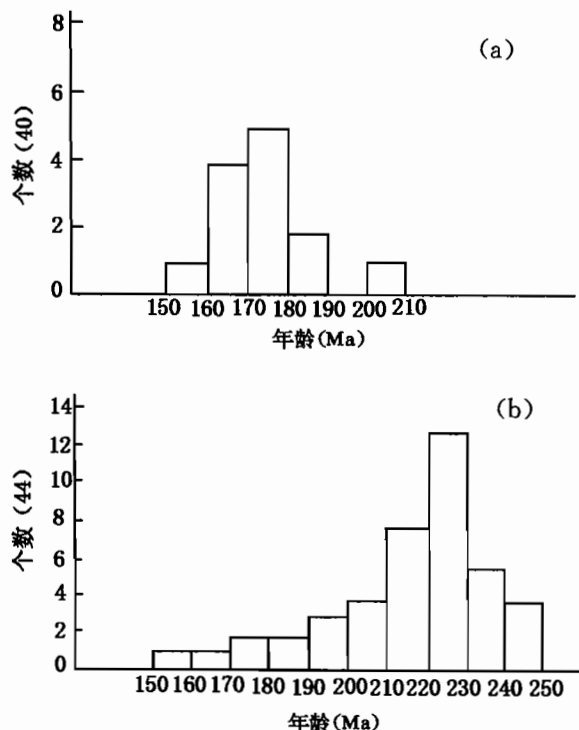


图4 大兴安岭和燕辽带早中生代岩浆岩频率直方图

Fig. 4 Frequency block diagram of Rb-Sr isochron ages of Early Mesozoic magmatic rocks from Da Hinggan Mts. and Yanliao Belt

(a)—大兴安岭和辽西火山岩和花岗岩 Rb-Sr 等时年龄直方图;(b)—燕辽带的碱性、基性—超基性岩石的 Rb-Sr 等时年龄直方图

(a)—Frequency block diagram of Rb-Sr isochron ages of volcanisms and granites from Da Hinggan Mts. and western Yanliao Belt;(b)—Frequency block diagram of Rb-Sr isochron ages of alkalic, basic—ultrabasic rocks from Yanliao Belt

5 结论

从岩石圈深部物质上涌开始到地壳浅表层响应为止,各种地质现象都记录了华北早中生代所经历的一场巨大变革。晚三叠世(230~210 Ma)从下地壳底部的底侵

作用开始:麻粒岩相变质、镁铁质堆晶岩形成、基性、超基性及碱性杂岩侵位。之后,经早、中侏罗世(200~170 Ma)辉绿岩墙贯入,到190~160 Ma玄武岩—流纹岩系列的火山喷发(图4)。地表的响应从三叠纪大面积隆起剥蚀、差异升降开始,到早—中侏罗世断陷盆地形成,相应形成一系列磨拉石建造,包括下部含煤类磨拉石建造和上部火山—磨拉石建造。从变形—变质角度看,从晚三叠世的差异升降逐渐演变到早侏罗世的裂谷(或者断陷)盆地,中侏罗世从剪切、挤压到最后强烈褶皱变形,随着能量的聚积,最后导致本区晚侏罗世前的地层发生普遍低绿片岩相变质,形成中、上侏罗统之间的角度不整合,使从早中生代以来在幔隆背景下的伸展变形暂告一段落。

参 考 文 献

- 白志民,葛世伟,鲍亦冈. 1999. 燕山造山带中生代火山喷发及岩浆演化. 地质论评,45(增刊):534~540.
- 鲍亦冈,谢德源,陈正帮,穆炳涛. 1983. 论北京地区燕山运动. 地质学报,57(2):195~204.
- 鲍亦冈,白志民,葛世伟,刘澄. 1995. 北京燕山期火山地质及火山岩. 北京:地质出版社.
- 陈国达. 1956. 中国地台“活化区”的实例并着重讨论“华夏古陆”问题. 地质学报,36(3):239~272.
- 陈国达. 1958. “满蒙地块”及其大地构造特点. 地质论评,18(3):190~200.
- 陈国达. 1959. 地壳动定转化递进说. 地质学报,39(3):279~292.
- 陈国达. 1960. 地洼区的特征和性质及其与所谓“准地台”的比较. 地质学报,40(2):167~186.
- 陈国达. 1964. 黄汲清的多旋回概念同动定递进概念的分歧——就多旋回问题答黄汲清先生. 地质论评,22(5):348~356.
- 程裕祺. 1994. 中国区域地质概论. 北京:地质出版社.
- 崔盛芹,李锦蓉. 1983. 试论中国滨太平洋带的印支运动. 地质学报,1:51~62.
- 和政军,李锦蓉,牛宝贵,任纪舜. 1998. 燕山—阴山地区晚侏罗世强烈推覆—隆升事件及沉积响应. 地质论评,44(4):407~418.
- 胡勤夫,张国栋,翁燕屏. 1990. 大同煤田魏家沟井田煌斑岩侵入规律及对煤层的影响. 山西地质,5(4):343~352.
- 刘绍荣. 1986. 华北地区大型三叠纪原始沉积盆地的存在. 地质学报,2:128~138.

- 刘训. 1982. 对中国东部燕山运动的一些认识. 地质论评, 28(5): 428~438
- 马文璞, 刘昂昂. 1986. 北京西山——一个早中生代拗拉谷的一部分. 地质科学. (1): 54~63
- 马宗晋. 1964. 燕山区地质构造研究. 地质论评, 22(2): 163~164.
- 牟保磊, 阎国翰. 1992. 燕辽三叠纪碱性偏碱性杂岩体地球化学特征及意义. 地质学报, 66(2): 108~120.
- 牟保磊, 邵济安, 边振辉. 1999. 矾山碱性杂岩体中发现碳酸岩. 北京大学学报, 35(2): 243~247.
- 任纪舜, 牛宝贵, 和政军, 谢广连, 刘志刚. 1997. 中国东部的构造格局和演化. 地质研究, 29~30; 43~55.
- 邵济安, 牟保磊, 何国琦, 张履桥. 1997. 华北北部在古亚洲域与古太平洋域构造叠加过程中的地质作用. 中国科学, 27(5): 390~394.
- 邵济安, 韩庆军, 张履桥, 牟保磊. 1999. 内蒙古东部早中生代堆积杂岩捕虏体的发现. 科学通报, 44(5): 478~485.
- 宋鸿林, 葛梦春. 1984. 从构造特征论北京西山的印支运动. 地质论评, 30(1): 77~80.
- 王时麒, 孙承志, 崔文元, 伍骞宇, 于凤芝, 于靖安, 赵宝林, 王玉芳. 1994. 内蒙古赤峰地区金矿. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社. 8~16.
- 王瑜. 1996. 中国东部内蒙古造山带晚古生代晚期—中生代的造山作用过程. 北京: 地质出版社.
- 王曰伦. 1957. 燕山运动之意义(节要). 地质论评, 17(2): 202~203.
- 翁文灏. 1929. 中国东部中生代造山运动. 中国地质学会志, 8(1): 33~44.
- 许保良, 阎国翰, 张臣, 何中甫, 张华峰, 王晓芳. 1999. 冀晋辽地区燕山期超钾过铝质斑岩特征及岩石学意义. 地质论评, 45(增刊): 520~527.
- 阎国翰, 许保良, 牟保磊, 谭林坤, 何中甫. 1998. 中国北方中、新生代板内拉张性岩浆作用及其地球动力学意义. 北京大学国际地质科学学术研讨论文集. 北京: 地震出版社. 650~659.
- 杨农, 陈正乐, 雷伟志, 张辉旭. 1996. 冀北燕山地区印支期构造特征研究. 北京: 地质出版社.
- 张宏仁. 1998. 燕山事件. 地质学报, 72(2): 103~111.
- 赵国龙, 杨桂林, 王忠, 付嘉发, 杨玉琢. 1989. 大兴安岭中南部中生代火山岩. 北京科学技术出版社.
- 赵林, 贾蓉芳, 秦建中, 郭爱明. 1998. 二连盆地侏罗系地层热演化史研究. 地球化学. 27(6): 593~597.
- 赵越. 1990. 燕山地区中生代造山运动及构造演化. 地质论评, 36(1): 1~13.
- 赵宗溥. 1959. 论燕山运动. 地质论评, 19(8): 339~346.
- 朱大岗, 吴珍汉, 崔盛芹, 吴淦国, 马寅生, 冯向阳. 1999. 燕山地区中生代活动特征及其与陆内造山作用关系. 地质论评. 45(2): 163~171.
- Davis G A, Zheng Yadong, Wang Cong Brian, Darby J, Zhang Changhou, George Gehrels. 1998. Geometry and geochronology of Yanshan belt tectonics. In: Department of Geology, Peking University. ed. Collected works of International Symposium on Geological Science. Beijing: Seismology Publishing house. 275~292.
- Shao Ji'an, Gai Fengying, Zhang Lüqiao. 1998. Coupling of mantle-upwelling and shearing—Mesozoic dyke-swarms in Da Hingan Mountains, Northeast China. Episodes. 1998, 21(2): 99~103.

Deep Geological Process and Its Shallow Response during Mesozoic Transfer of Tectonic Frameworks in Eastern North China

Shao Ji'an¹⁾ Mu Baolei¹⁾ Zhang Lüqiao²⁾

1) Peking University, Beijing, 100871; 2) Inner Mongolia Institute of Geology, Huhhot, 010020

Abstract

As a new tectonic framework, the Late Mesozoic tectonic—magma belts in North China transverse in the NNE strike over different tectonic units of the Paleo-Asian domain with distinct characteristics. Much information marking the Early Mesozoic transfer of the tectonic frameworks can be found in eastern North China. The information is expounded in the paper: Late Triassic mafic—ultramafic and alkaline intrusives, cumulate and granulite are products of crust—mantle interaction in the lowermost of the continental crust; Early—Middle Jurassic diabase dyke swarms, basalts and latite reflect magmatisms in the upper—middle crust; coal-bearing quasi-molasse and volcano-molasse formation controlled by the fault basins formed in $J_1\sim_2$ are responses

of the surface to the deep geological process. The new ENE-trending framework marked by sedimentary—tectonic—magmatic belts is controlled by neogenic and inherited tectonic factors. In summary, an idea is proposed that the deep geological process dominates the transfer of different tectonic frameworks, and deformation and formation of the surface are its responses.

Key words: eastern North China; Mesozoic; transfer of tectonic frameworks; deep geologic process; shallow response

作者简介

邵济安,女,1940年生。1965年毕业于北京大学地质系。现为北京大学综合技术研究所教授,主要从事构造地质学研究。通讯地址:100871,北京大学综合技术研究所;电话:(010) 62785155; E-mail:wangcc@tsinghua.edu.cn。
