doi:10.12097/j.issn.1671-2552.2022.07.007

# 蒙古-鄂霍茨克洋闭合时限:来自大兴安岭突泉地 区下白垩统与下伏地质体之间角度不整合关系的 约束

宋维民,王建恒\*,杨佳林\*,那福超,庞雪娇,杜继宇,刘英才,钱程,葛锦涛 SONG Weimin, WANG Jianheng\*, YANG Jialin\*, NA Fuchao, PANG Xuejiao, DU Jiyu, LIU Yingcai, QIAN Cheng, GE Jintao

中国地质调查局沈阳地质调查中心,辽宁 沈阳 110034 Shenyang Center, China Geological Survey, Shenyang 110034, Liaoning, China

摘要:蒙古-鄂霍茨克洋的闭合时限一直是地学界争论的焦点。详细的野外调查发现,大兴安岭突泉地区下白垩统与下伏地 质体之间普遍存在角度不整合关系,上覆地层为下白垩统白音高老组沉凝灰岩,层理产状为 332° ∠15°,下伏地层构造变形强 烈,膝折褶皱发育,且顶部见 10 cm 古风化壳。结合区域资料综合对比研究,这是一个区域性角度不整合,是鉴别造山运动的 直接标志之一。此不整合面既代表蒙古-鄂霍茨克洋在早白垩世前闭合碰撞造山,又暗示从早白垩世开始进入东部大陆边缘 向东蠕散伸展演化阶段。 关键词:蒙古-鄂霍茨克洋;闭合时限;突泉地区;下白垩统;角度不整合;地质调查工程

中图分类号:P534.52;P539.2 文献标志码:A 文章编号:1671-2552(2022)07-1202-12

Song W M, Wang J H, Yang J L, Na F C, Pang X J, Du J Y, Liu Y C, Qian C, Ge J T. Closure time of the Mongolia– Okhotsk Ocean: constraint of angular unconformity between the Lower Cretaceous and the lower geological body in the Tuquan area of the Greater Hinggan Mountains. *Geological Bulletin of China*, 2022, 41(7):1202–1213

Abstract: The closure time of the Mongolia–Okhotsk Ocean has always been the focus of geological debate. Detailed survey shows that there is an angular unconformity between the Lower Cretaceous and the lower geological body in Tuquan area of the Greater Hinggan Mountains, The overlying stratum is the tuff of the Lower Cretaceous Baiyingaolao Formation with the stratification of  $332^{\circ} \angle 15^{\circ}$ . The structural deformation of the underlying strata is strong, and genicular folds are developed, and 10 cm ancient weathering crust is seen at the top. Combined with the comprehensive study of regional data, the unconformity is a regional angular unconformity, which is one of the marks to identify the orogenic movement. The unconformity may not only represent the closed collision orogeny of the Mongolia– Okhotsk Ocean before the Early Cretaceous, but also suggest that the evolution stage of eastward creep and extension of the eastern continental margin began from the Early Cretaceous.

Key words: Mongolia-Okhotsk Ocean; closure time; Tuquan area; Lower Cretaceous; angular unconformity; geological survey engineering

大兴安岭地区位于兴蒙造山带东段,西伯利亚 板块与华北板块之间<sup>[1-2]</sup>。古生代经历了古亚洲构

造域的演化,形成了多条造山带与微陆块交织的造 山体系,中生代经历了太平洋构造域的演化,尤其

收稿日期:2020-07-11;修订日期:2020-12-31

- **资助项目:**中国地质调查局项目《内蒙古1:5万前他克吐等五幅区域地质矿产调查》(编号:1212011220425)和《中国大地构造演化和国际亚洲大地构造图编制》(编号:DD20190360)
- 作者简介:宋维民(1983-),男,博士,正高级工程师,从事岩石及大地构造研究。E-mail:swmws@126.com

<sup>\*</sup>通信作者:王建恒(1972-),男,硕士,工程师,从事东北地区地质矿产及自然资源研究。E-mail:2783987707@qq.com 杨佳林(1987-),男,在读博士生,工程师,从事早前寒武纪地质、造山带变质演化研究。E-mail:syyangjialin@qq.com

是蒙古-鄂霍茨克构造带的叠加与改造[3-6],形成了 大规模的构造-岩浆活动[7]。当前,大量的岩浆岩年 代学与地球化学研究不断深入,基本揭示了古亚洲 洋构造域的时间和空间范围[8-11],而蒙古-鄂霍茨克 造山系的俯冲方向、影响范围、形成时代和大地构 造属性一直存在争议,尤其是近年的研究表明,蒙 古-鄂霍茨克洋向北俯冲的同时[12-13],也存在南向 俯冲作用[14-17]。然而,蒙古-鄂霍茨克洋何时闭合、 碰撞造山? 地层间的接触关系如何? 尤其是区域 性角度不整合,是鉴别造山运动的直接标志之一, 蕴含复杂的地质作用过程,记录了该区地壳运动的 演化历史。大兴安岭突泉地区早白垩世地层与下 伏地层的不整合接触关系可以提供什么线索?为 蒙古-鄂霍茨克洋盆闭合时限提供哪些指示作用? 鉴于此,本文对大兴安岭突泉地区早白垩世地层与 下伏地层的接触关系进行系统调查研究,并结合前 人研究成果,讨论该不整合面的构造意义。该研究 成果为大兴安岭中生代地层划分对比研究,以及认 识蒙古-鄂霍茨克造山系中生代构造属性与演化历 史等具有重要意义。

#### 1 地质概况

大兴安岭处于中亚造山带的东段,该区构造演 化复杂。在古生代,该区经历了古亚洲构造域多个 微陆块拼合的构造演化[18],而在中、新生代,该区又 经历了太平洋构造域的叠加与改造[4-5.9,11,19-24]。该 区最显著的特点是大规模分布中生代岩浆岩,尤其 是 NNE 向展布的岩浆岩,另一特征是存在 EW-NE 向的古生代构造岩浆活动,前者叠加在后者之 上,构成了现今的地质构造-岩浆格局,并形成多金 属等诸多矿产资源,已引起地质工作者的广泛关 注<sup>[25-27]</sup>。研究区地层较发育,笔者在 2012—2014 年 主持内蒙古1:5万突泉县等五幅区域地质调查项 目期间,根据接触关系、岩石组合、生物化石、变质 变形特征、区域对比情况,结合本次测试的同位素 资料,将研究区岩石地层划分为上泥盆统---下石炭 统色日巴彦敖包组,中二叠统大石寨组、哲斯组,下 侏罗统红旗组,中侏罗统万宝组、塔木兰沟组,上侏 罗统满克头鄂博组、玛尼吐组,下白垩统白音高老 组、梅勒图组,第四系更新统及全新统:侵入岩以中 生代为主,多以小岩株产出;区内断裂构造以 NE 向 和 NW 向为主,其次为 SN 向(图 1)。

# 2 研究区典型剖面

突泉地区下白垩统出露广泛,与下伏地层普遍 呈角度不整合接触。根据下伏地层时代,将下白垩 统与下伏地层间的角度不整合分为2类,即下白垩 统与上侏罗统之间的角度不整合、下白垩统与更早 期地层之间的角度不整合。前者,如突泉地区付家 屯—长安屯下白垩统(K<sub>1</sub>b)与上侏罗统玛尼吐组 (J<sub>3</sub>mn);后者,如万宝镇下白垩统(K<sub>1</sub>b)与中二叠统 大石寨组(P<sub>2</sub>d)等。下文对几个典型剖面进行 描述。

典型剖面1:內蒙古突泉县付家屯至长安屯下白垩统玛 尼吐组—白音高老组实测地层剖面(PM101),起点坐标:X: 394952,Y:5053291;终点坐标:X:395323,Y:5058570。

-未见顶-----

白音高老组(K <sub>1</sub> b)	总厚度>520.4 m
52.灰紫色流纹质角砾晶屑凝灰岩	8.1 m
51.灰色薄层细粒长石岩屑砂岩	1.9 m
50.灰紫色流纹质含角砾晶屑玻屑凝灰岩	47.4 m
49.灰紫色流纹质角砾晶屑凝灰熔岩	45.9 m
48.紫色流纹质晶屑凝灰熔岩	68.9 m
47. 灰白色中厚层流纹质角砾玻屑晶屑凝灰	岩 23.7 m
46.紫色流纹质晶屑玻屑凝灰岩	47.8 m
45.蛋青色厚层英安质岩屑玻屑凝灰岩	46.5 m
44.灰白色厚层英安质角砾晶屑岩屑凝灰岩	28.3 m
43.灰白色中厚厚层流纹质角砾晶屑玻屑	凝灰岩 29.1 m
42.浅灰绿色中厚厚层流纹质晶屑玻屑凝	灰岩 0.3 m
41.深灰色薄厚层凝灰质中细粒岩屑长石砂	岩 4 m
40.灰色-灰白色流纹质含角砾晶屑玻屑凝石	灰岩 14.2 m
39.灰白色中厚层流纹质角砾晶屑熔结凝灰	岩 14.5 m
38.蛋青色薄—中厚层英安质角砾岩屑玻屑	凝灰岩 7.4 m
37.深灰色薄层细中粒长石岩屑砂岩	5.2 m
36.灰色薄—中厚层含角砾晶屑岩屑凝灰岩	3.5 m
35.灰色薄层粗中粒长石岩屑砂岩	5.8 m
34.灰白色流纹质晶屑凝灰岩	0.2 m
33.灰白色流纹质含角砾晶屑玻屑凝灰岩	1.6 m
32.灰色流纹质含集块角砾凝灰岩	1.1 m
31.紫色凝灰质砾质砂岩	0.7 m
30.紫色-灰色流纹质凝灰角砾岩	0.5 m
29.灰紫色流纹质晶屑熔结凝灰岩	2 m
28.灰紫色流纹质含集块角砾晶屑熔结凝灰	岩 0.3 m
27.浅灰紫色流纹质角砾岩屑晶屑凝灰岩	2 m
26.深灰色薄层凝灰质粗中粒岩屑长石砂岩	0.2 m
25.灰紫色流纹质含角砾岩屑玻屑凝灰岩	5 m
24.灰色流纹质含角砾岩屑晶屑凝灰岩	0.3 m



图 1 研究区地质简图(a,据参考文献[28]修改)及大地构造位置(b,据参考文献[29]修改)

Fig. 1 Geological sketch map (a) and tectonic location(b) of the studied area

1-第四系;2-下白垩统梅勒图组;3-下白垩统白音高老组;4-上侏罗统玛尼吐组;5-上侏罗统满克头鄂博组;6-中侏罗统万宝组;7-下侏 罗统红旗组;8-中二叠统哲斯组;9-中二叠统大石寨组;10-上泥盆统-下石炭统色日巴彦敖包组;11-早白垩世花岗斑岩;12-早白垩世花岗 闪长斑岩;13-晚侏罗世花岗斑岩;14-晚侏罗世花岗闪长斑岩;15-晚侏罗世闪长玢岩;16-晚侏罗世英云闪长岩;17-花岗斑岩脉;18-二 长斑岩脉;19-花岗闪长岩脉;20-实测断层;21-推测断层

23.灰绿色流纹质晶屑玻屑凝灰岩	2.7 m
22.灰紫色流纹质角砾晶屑玻屑凝灰岩	6.3 m
21.灰色流纹质晶屑凝灰熔岩	9.3 m
20.灰紫色流纹质角砾岩屑晶屑玻屑凝灰岩	9.2 m
19.浅灰紫色-浅灰白色流纹质晶屑玻屑凝灰岩	8.8 m
18.灰紫色流纹质玻屑晶屑凝灰岩	12.1 m
17.灰紫色流纹质晶屑玻屑凝灰岩	2.4 m
16.灰白色流纹质角砾晶屑玻屑凝灰岩	8 m
15.灰色薄层粗中粒长石岩屑砂岩与细粒长石岩屑石	少岩
	4.2 m
14.灰白色流纹质角砾岩屑晶屑凝灰岩	7.3 m
13.蛋青色薄—中厚层流纹质角砾岩屑玻屑凝灰岩	5.2 m
12.灰色薄层含角砾岩屑玻屑凝灰岩	1 m
11.灰绿色流纹质角砾岩屑弱熔结凝灰岩	0.8 m
10.灰色流纹质集块角砾晶屑熔岩	3.4 m
9.灰白色薄层流纹质晶屑凝灰岩	18.8 m
8.灰色流纹质集块角砾晶屑熔岩	3.5 m
7.灰绿色薄层英安质含角砾岩屑晶屑玻屑凝灰岩	1 m
~~~~~角度不整合~~~~~~	

下伏地层:玛尼吐组(J3mn)青灰色-灰紫色安山岩

该剖面白音高老组不整合覆盖在玛尼吐组青 灰色-灰紫色安山岩之上。白音高老组的岩石类型 为紫色流纹质晶屑凝灰熔岩、灰色流纹质集块角砾 晶屑熔岩、灰紫色流纹质晶屑熔结凝灰岩、灰绿色 流纹质角砾岩屑弱熔结凝灰岩、灰紫色流纹质含集 块角砾晶屑熔结凝灰岩、灰白色薄层流纹质晶屑凝 灰岩、灰紫色流纹质角砾岩屑晶屑玻屑凝灰岩、蛋 青色薄—中厚层英安质角砾岩屑玻屑凝灰岩、灰色 薄层含角砾岩屑玻屑凝灰岩、灰色薄层粗中粒长石 岩屑砂岩、细粒长石岩屑砂岩等。白音高老组一段 划分为4个火山岩相类型,即空落相(FOF)、溢流相 (EFF)、碎屑流相(PLF)、喷发沉积相(ESF),具4个 火山喷发旋回:英安质→流纹质→英安质→流纹 质。据火山爆发机制及碎屑搬运方式共划分出12 个火山喷发期次,7次较大的火山间歇期(图2)。 白音高老组主要发育在火口北侧,且倾向 NW、 NE,倾角主要为10°~30°。剖面上控制厚度大于 520.4 m。

典型剖面 2:吉林洮南东升北下白垩统白音高老组实测 地层剖面(PM108),起点坐标:X:421032,Y:5077038;终点 坐标:X:421739,Y:5078396。

——未见顶-

白音高老组一段(K <sub>1</sub> b)	总厚度>435 m
30.灰白色中厚层含砾长石岩屑粗砂岩	57.9 m
29.灰色复成分砾岩	1.2 m
28.浅灰绿色厚层流纹质含角砾晶屑凝灰岩	45.9 m
27.浅灰绿色薄—中厚层流纹质晶屑凝灰岩	9.4 m
26.灰色中厚层复成分砾岩	15.2 m
25.浅黄绿色极薄—薄层细砂粉砂岩	19.7 m
24.灰白色薄层长石岩屑粗砂岩	1.0 m
23.浅灰色薄层砂砾岩	2.0 m
22.浅灰绿色极薄—薄层细砂粉砂岩	6.7 m
21.土黄色薄层—中厚层粉砂岩。产叶肢介:	Yanjiestheria sp.3
(新种);介形类: Eoparacypris jingshangensis Yang	g, E. dadianziensis
Pang, Mongolianella sp.	7.3 m
20.土黄色中厚层中细粒长石岩屑砂岩	17.9 m
19.土黄色厚层含砾长石岩屑粗砂岩	0.5 m
18.浅灰绿色薄层沉火山灰凝灰岩	42.7 m



Fig. 2 Volcanic section of Manitu Formation-Baiyingaolao Formation (PM101)

20	$\gamma\gamma$	Æ
20	22	-+-

17.浅灰绿色沉流纹质角砾岩屑晶屑凝灰岩	23.5 m
16.浅灰绿色薄层—中厚层沉流纹质晶屑凝灰岩	29.2 m
15.浅灰色薄层沉晶屑凝灰岩。含植物化石碎片	1.7 m
14.灰白色中厚层含砾长石岩屑粗砂岩	0.9 m
13.浅灰色极薄薄层泥质粉砂岩。产叶肢介化石。	碎片;介
形类: Eoparacypris obesa Pang, E. jingshangensis Yang, I	Darwinula
sp., E. dadianziensis Pang, Yanshanina sp., Mongolianella sp.	. 3.3 m
12.土黄色薄层粉砂岩。产叶肢介: Yanjiestheria sp.3(	新种),
Nestoria sp.;植物:Schizolepis sp.,Schizolepismoelleri Sewar	d;昆虫:
Ephemeropsistrisetalis Eichwald; 介形类: Eoparacyprisobes	sa Pang,
E. jingshangensis Yang, E. dadianziensis Pang, Djunga	rica sp.,
Mongolianella sp. , Rhinocypris ? sp.	7.3 m
11.深灰色鲕粒灰岩	1.3 m
10.浅灰绿色薄层—中厚层中细粒长石岩屑砂岩	5.4 m
9.灰白色中厚层长石岩屑粗砂岩	4.9 m
8.浅灰绿色薄层粉砂岩。产介形类	5.3 m
7.灰白色薄—中厚层长石岩屑中细粒砂岩	15.9 m
6. 浅灰绿色极薄薄层凝灰质粉砂岩。产口	十肢介:
Nestoriapissovi Krasinetz, Nestoriakrasinetzi ( Novo	ojilov),
Nestoriamirififormis Wang, Nestoria sp., Yanjiestheria aff. d	uolunensis
Wang, Yanjiestheria sp.1(新种), Yanjiestheria sp.2(新种)	) 8.7 m
5.土黄色中厚厚层凝灰质细砂质粉砂岩。产双壳:	类
	27.6 m

4.土黄色极薄层—薄层凝灰质泥质粉砂岩。产叶肢介: Nestoriapissovi Krasinetz, Nestoriakrasinetzi(Novojilov), Nestoria cf. pissovi Krasinetz, Nestoria cf. karaica Karasinetz, Nestoriaasiatica (Novojilov et Kaprlka), Nestoria sp., Yanjiestheria aff. duolunensis Wang, Yanjiestheria sp.1(新种), Yanjiestheria sp.2(新种) 8.2 m
3.灰色薄层凝灰质含细岩粉砂质泥岩。产叶肢介: Nestoriapissovi Krasinetz, Yanjiestheria aff. duolunensis Wang, Yanjiestheria sp.1(新种), Yanjiestheria aff. duolunensis Wang, 2.5 m
2.土黄色薄层—中厚凝灰质长石岩屑细砂岩

#### ~~~~~角度不整合~~~~~~

下伏地层:中二叠统大石寨组(P<sub>2</sub>d):浅灰绿色凝灰质细粒 岩屑长石砂岩

该剖面白音高老组不整合覆盖在中二叠统大 石寨组浅灰绿色凝灰质细粒岩屑长石砂岩之上,产 状较稳定,倾向 NE,倾角 16°~24°。大石寨组的岩 石类型为凝灰质长石岩屑细砂岩、凝灰质含细岩粉 砂质泥岩、凝灰质泥质粉砂岩、粉砂岩、含砾长石岩 屑粗砂岩、沉晶屑凝灰岩、沉流纹质晶屑凝灰岩、沉 火山灰凝灰岩、砂砾岩、复成分砾岩等。该剖面白 音高老组一段划分为2个火山岩相类型,即空落相 (FOF)、喷发沉积相(ESF)。该剖面(图 3)控制的 白音高老组主要为一套灰白色-浅灰色-土黄色-深 灰色砂岩夹酸性火山碎屑岩,岩石新鲜无蚀变,颜 色主体呈浅色调。含丰富的动植物化石,为典型陆 相酸性火山岩喷发沉积特点的地层。剖面上控制 厚度大于435 m。

# 3 角度不整合关系的确认

在区域上,下白垩统白音高老组角度不整合覆 盖于上侏罗统玛尼吐组、满克头鄂博组、中侏罗统 万宝组、中二叠统大石寨组之上。

在剖面 PM101,见下白垩统白音高老组角度不 整合覆盖于上侏罗统玛尼吐组之上(图4),且见厚 达10 cm 的古风化壳。下白垩统白音高老组为灰绿 色薄层英安质含角砾岩屑晶屑玻屑凝灰岩,层理产 状为 332°∠15°;上侏罗统玛尼吐组为青灰色-灰紫 色安山岩,顶部见10 cm 古风化壳,呈暗红褐色,反 映研究区经历了长时间的风化、剥蚀作用、淋漓作 用,钙质、钾质大量流失,安山岩中空洞发育,呈蜂



Fig. 3 Stratum profile of Baiyingaolao Formation(PM108)

窝状,接触面凹凸不平,最大凹处可达 30 cm。

在研究区 D3086 点,见下白垩统白音高老组角 度不整合覆盖于上侏罗统玛尼吐组之上(图5)。下 白垩统白音高老组为灰白色流纹岩及流纹质晶屑 凝灰岩,流纹质晶屑凝灰岩,层理产状为15°∠35°; 上侏罗统玛尼吐组为灰紫色安山岩,风化面黄褐 色,新鲜面灰紫色,斑状结构,块状构造,斑晶为斜 长石,斜长石白色,自形板状,大小2~5 mm,含量约 20%,基质隐晶质,含量约80%。

在研究区 D3111 点,见下白垩统白音高老组角 度不整合覆盖于上侏罗统满克头鄂博组之上 (图6)。白音高老组岩性为浅灰色流纹质含角砾晶 屑岩屑凝灰岩,夹2~3 cm 厚的浅灰色熔结凝灰岩、 浅灰色流纹质晶屑岩屑凝灰岩。出露厚度 30~100 cm;满克头鄂博组为灰绿色凝灰质岩屑长石中砂 岩,呈中厚层状产出,单层厚 4~9 cm,出露厚度 70 cm,层理产状 61°∠23°。岩石发育弱球状风化,发 育沉积韵律,由下到上,粒度由粗到细,粒度 1.2~ 0.2 mm。

# 4 白音高老组时代的确定

白音高老组主要分布于大兴安岭主脊及两侧, 是大兴安岭火山岩带最发育的地层单位,区域上由 灰白色、灰紫色流纹岩、流纹质火山碎屑岩夹沉凝 灰岩和凝灰质细砂岩组成,底部常发育一套泥质粉 砂岩、砂砾岩、凝灰质粉砂岩夹火山碎屑岩组合,含 Nestoria 叶肢介化石群,其锆石 U-Pb 同位素年龄为 129~145 Ma,主体年龄为 131~143 Ma<sup>[30]</sup>。本次在 突泉地区东升乡、国光村附近的凝灰质粉砂岩、深 灰色凝灰质粉砂岩中首次发现大量动植物化石(另 文发表),经原国土资源部沈阳地质矿产研究所王 五力、张立君研究员鉴定,叶肢介化石以 Nestoria 和 Yanjiestheria 为主且两者共生。主要分子有 Nestoriapissovi Krasinetz, N. cf. pissovi Krasinetz, N. krasinetzi(Novojilov) N.cf.karaica Karasinetz N.asiatica (Novojilov et Kaprlka), N. mirififormis Wang, Yanjiestheria aff. duolunensis Wang, Yanjiestheria sp.1,2,3 (新种)等;介形类化石有 Eoparacyprisdadianziensis Pang, E. obesaPang, E. jingshangensis Yang, Yanshanina sp.、Mongolianella sp.、Djungarica sp., Rhinocypris 和 Darwinula sp.;双壳化石有 Sphaeriumjeholense?;昆虫化 石有: Ephemeropsistrisetaris Eichwald (三尾拟蜉蝣)。 植物化石有 Schizolepismoelleri Seward(缪勒裂鳞果)、 Pagiophylum(Sphenolepis)sp.(尖叶杉(楔鳞杉)属未定 种)、Pityophyllum sp.(松型叶属未定种);新发现的大 量尼斯托叶肢介与延吉叶肢介共生,同时有三尾拟 浮游类,在大兴安岭火山岩地层中,可以与多伦地 区大北沟组与义县组交界地层,尼斯托叶肢介与延 吉、东方叶肢介共生进行对比,所以该地层应是白 音高老组相当层位。鉴于上述地层的属性特征,结 合笔者在该组地层获取的同位素年龄 133~135 Ma<sup>[29]</sup>,将该套地层时代厘定为早白垩世。

# 5 下伏岩系特征

突泉地区下白垩统白音高老组角度不整合覆 盖于上侏罗统玛尼吐组和满克头鄂博组、中侏罗 统万宝组、中二叠世花岗岩、中二叠统大石寨组 之上。

区域上,玛尼吐组主要分布于大兴安岭主脊及 西侧,多与满克头鄂博组伴生,由安山岩、英安岩、 安山质碎屑岩及少量玄武岩组成,以气孔状、致密 块状安山岩为主。错石 U-Pb 同位素年龄为145~ 158 Ma,主体年龄为145~155 Ma<sup>[30]</sup>。本次在杜尔 基 D1032 点见上侏罗统玛尼吐组,为灰紫色薄层状 安山质晶屑凝灰岩,风化面呈灰褐色,新鲜面呈浅 灰紫色,晶屑凝灰结构,薄层状构造。晶屑以长石 为主,少量为角闪石;长石(28%)多为斜长石,灰 白色、棱角状—次棱角状,大小 0.4~1.3 mm;角闪 石(3%)为灰黑色,棱角状,大小 0.2~1 mm;火山 尘细小,含量达 69%。发育宽缓的褶皱(图7),褶 皱轴面产状为 320°∠89°,褶皱左翼地层产状为 170°∠50°,褶皱右翼地层产状为 325°∠45°。

在突泉闹牛山 D3602 点,见中侏罗统万宝组, 为灰黑色泥质粉砂岩,风化面呈黄褐色,新鲜面呈 灰黑色,泥质粉砂状结构,纹层状构造,单层厚 1~3 mm。岩石粒级细小,分选性较好,小于 0.06 mm,泥 质成分充填于粉砂之间,成分难辨。发育膝折褶 皱、尖棱褶皱(图 8),褶皱轴面产状为 275°∠62°,褶 皱左翼地层产状为 296°∠59°,褶皱右翼地层产状 为 2°∠74°。

## 6 地质意义

角度不整合的形成过程:地壳下降、接受沉 积→地壳抬升(常伴有褶皱变形、岩浆活动等)、沉



图 4 白音高老组(K<sub>1</sub>b)与玛尼吐组(J<sub>3</sub>mn)接触关系 Fig. 4 The contact relationship between Baiyingaolao Formation and Manitu Formation



图 5 白音高老组(K<sub>1</sub>b)与玛尼吐组(J<sub>3</sub>mn)接触关系素描图和照片 Fig. 5 The sketch map and field photo of contact relationship between Baiyingaolao Formation and Manitu Formation



图 6 白音高老组 $(K_1b)$ 与满克头鄂博组 $(J_3m)$ 接触关系 Fig. 6 The contact relationship between Baiyingaolao Formation and Manitu Formation

积间断、遭受剥蚀→再次下降、再接受沉积。在大 地构造研究中,角度不整合被认为是认识和确定造 山运动、划分造山旋回的重要标志之一,但并不是 所有的角度不整合都代表一次重要的造山运动,只





图 7 玛尼吐组褶皱变形 Fig. 7 The fold deformation of Manitu Formation



图 8 万宝组褶皱变形 Fig. 8 The fold deformation of Wanbao Formation

有在地史发展过程中有重要作用的造山运动形成 的区域性角度不整合,才有大地构造意义和划分地 史阶段和构造旋回的意义<sup>[31]</sup>。

关于蒙古-鄂霍茨克洋闭合时间一直存在争

议:在三叠纪—晚侏罗世闭合<sup>[32]</sup>,在中—晚侏罗世 闭合<sup>[33-34]</sup>,在晚侏罗世—早白垩世闭合<sup>[35-39]</sup>,在中 晚侏罗世—早白垩世早期闭合<sup>[40]</sup>,蒙古-鄂霍茨克 洋盆可能在志留纪即已存在<sup>[41]</sup>,是古太平洋的一个 巨型海湾<sup>[33]</sup>,自西向东剪刀式闭合,且在早白垩世 之后完全闭合<sup>[42-45]</sup>。

在大兴安岭北部漠河地区形成巨厚的中晚侏 罗世前陆盆地陆相类磨拉石和含煤沉积<sup>[46-50]</sup>。漠 河盆地的地层学及构造研究成果揭示,在晚侏罗 世—早白垩世发生了由北向南的逆冲推覆<sup>[51]</sup>,说明 蒙古鄂霍茨克湾闭合于中—晚侏罗世之间。

从区域展布方向看,大兴安岭地区与冀北—辽 西地区的中晚侏罗世火山岩主体呈 NE 向展布,与 蒙古-鄂霍茨克构造带的方向一致,而早白垩世早 期开始火山岩带主体呈 NE 向展布,两大阶段火山 岩带在空间展布上具有明显的交角[52]。在冀北— 辽西的晚中生代地层对比研究中,典型地层层序划 分特点如下:在冀北地区,中--晚侏罗世--早白垩 世早期的地层层序自下而上为九龙山组、髫髻山 组、后城组(土城子组);早白垩世地层自下而上为 张家口组、大北沟组、义县组、下店组、青石砬组和 南天门组[53],且张家口组与后城组(土城子组)之间 存在明显的角度不整合,这期不整合面的下伏地层 普遍发育挤压变形构造,如承德 161~148 Ma 的逆 冲推覆体;十三陵 161~141 Ma 的冲断褶皱构造,四 合堂和古北山 148~143 Ma 的逆冲推覆构造 等[54-59]。在辽西地区,中一晚侏罗世一早白垩世早 期地层层序自下而上为海房沟组、蓝旗组、土城子 组,该套砾岩-火山岩组合的底部年龄为175~160 Ma<sup>[60-63]</sup>或172~164 Ma<sup>[57]</sup>,该组合的顶部年龄多集 中于 156~139 Ma<sup>[60-63]</sup> 或 152~135 Ma<sup>[57]</sup>;早白垩世 地层自下而上为张家口组、义县组、九佛堂组、沙海 组、阜新组和孙家湾组<sup>[53]</sup>,且张家口组与土城子组 之间存在明显的角度不整合。

在大兴安岭地区,中一晚侏罗世—早白垩世早期的地层层序自下而上为塔木兰沟组、满克头鄂博组、玛尼吐组、土城子组;早白垩世地层自下而上为 白音高老组、梅勒图组、龙江组、光华组、九峰山组、 甘河组、大磨拐河组、伊敏组和孤山镇组,尤其是早 白垩世早期含 Nestoria 动物群的火山-沉积地层按岩 性分别归属为白音高老组和梅勒图组,确认大兴安 岭地区 Nestoria 动物群主要演化时代在 127.6~141 Ma之间,与冀北大北沟组/张家口组时代(133~137 Ma)相当<sup>[30]</sup>,且白音高老组与土城子组之间存在明 显的角度不整合。在突泉北部地区,见下白垩统白 音高老组角度不整合于上侏罗统玛尼吐组之上,上 覆地层为下白垩统白音高老组灰绿色薄层英安质含 角砾岩屑晶屑玻屑凝灰岩,层理产状为 332° ∠15°; 下伏地层为上侏罗统玛尼吐组青灰-灰紫色安山 岩,顶部见10 cm 古风化壳。在突泉闹牛山地区,万 宝组岩层构造变形强烈,膝折褶皱、劈理发育;在杜 尔基地区,玛尼吐组岩层构造变形强烈,宽缓褶皱、 劈理非常发育,显示曾受到强烈挤压作用。

可见,在中晚侏罗—早白垩世初期,由于蒙古-鄂霍茨克洋盆闭合碰撞造山,西伯利亚古陆与蒙古-中国板块之间的碰撞、褶皱-逆冲作用,导致华北古 陆块北部燕山-大青山及其以北的东蒙古-兴安活 化区,普遍发育褶皱-逆冲作用,形成山前和山间断 陷、坳陷和压陷盆地,沉积-火山-沉积磨拉石(或类 磨拉石),以及与这一时段构造背景有关的逆冲断 层、飞来峰和花岗岩<sup>[53]</sup>。

蒙古-鄂霍茨克造山系南部褶皱-逆冲带,与深 部地球物理研究揭示的蒙古-鄂霍茨克褶皱带大规 模向南逆冲<sup>[64]</sup>的属性特征一致。董树文等<sup>[65]</sup>在总 结燕山运动3个构造期中强调,东亚地区在175~ 136 Ma 为强挤压造山期,对应燕山地区 2 次地层不 整合事件,早期对应髫髻山底部不整合事件(170~ 160 Ma),晚期对应张家口不整合事件(150~135 Ma)。其中发育埃达克质的髫髻山组火山岩及逆冲 推覆构造、类磨拉石建造等,均是该期挤压变形的 标志。但下白垩统产状平缓,构造简单、变形很弱, 两者形成了鲜明对比。这期挤压事件后,进入伸展 背景,以广泛覆盖中国东部 135~90 Ma 的火山岩和 侵入岩为特征[65],如华北张家口火山岩底部年龄 135 Ma<sup>[66]</sup>,华北云蒙山变质核杂岩韧性剪切带角闪 石、黑云母40 Ar/39 Ar 年龄 135~126 Ma<sup>[67]</sup>, 华南衡山 变质核杂岩拆离带糜棱质钠长岩锆石年龄 136 Ma<sup>[68]</sup>,东北大兴安岭地区<sup>[69]</sup>、燕山地区<sup>[70]</sup>、辽西地 区[71]、辽东地区[72]等也发现一系列中生代变质核杂 岩,且一般与早白垩世的断陷盆地伴生,如二连断 陷盆地群[73]、冀北-辽西断陷盆地群及松辽断陷盆 地[74]。地震层析资料揭示,断陷盆地多以单断型箕 状断陷盆地为主[75]。区域地壳伸展主体从约135 Ma开始,并可能延续到 90 Ma<sup>[76-78]</sup>。可见,下白垩 统与下伏地质体之间存在区域性角度不整合关系, 白垩纪与侏罗纪之间存在一次造山运动。突泉地 区存在下白垩统与上侏罗统之间的角度不整合,反 映白垩纪与侏罗纪之间曾发生了一次造山运动,蒙

古鄂霍茨克洋闭合,且碰撞造山。中—晚侏罗世— 早白垩世初期,冀北—辽西和大兴安岭地区广泛发 育—套红色-紫红色粗碎屑沉积、火山岩-沉积建 造,其形成与蒙古-鄂霍茨克造山系造山过程有 关<sup>[53]</sup>。且在早白垩世广泛发育伴随伸展构造、走滑 断层、断块化、小型断陷盆地、A型花岗岩、流纹岩、 双峰式火山岩<sup>[79]</sup>和变质核杂岩<sup>[80]</sup>,暗示从早白垩世 开始进入东部大陆边缘向东蠕散伸展演化阶段。

# 7 结 论

(1)本次在大兴安岭突泉地区确立了下白垩统 与下伏地质体之间普遍存在角度不整合关系,且是 一个区域性角度不整合。

(2)此不整合面既代表了蒙古-鄂霍茨克洋在 早白垩世前闭合碰撞造山,又暗示从早白垩世开始 进入东部大陆边缘向东蠕散伸展演化阶段。

**致谢**:成文过程中承蒙中国地质调查局沈阳地 质调查中心张允平研究员的悉心指导并提出了宝 贵的建议,在此表示衷心的感谢。

#### 参考文献

- [1]李锦轶,莫申国,和政军,等.大兴安岭北段地壳左行走滑运动的时 代及其对中国东北及邻区中生代以来地壳构造演化重建的制约[J]. 地学前缘,2004,11(3):157-168.
- [2] 张兴洲,杨宝俊,吴福元,等.中国兴蒙—吉黑地区岩石圈结构基本 特征[J].中国地质,2006,33(4):816-823.
- [3] 林强, 葛文春, 曹林, 等. 大兴安岭中生代双峰式火山岩的地球化学 特征[J]. 地球化学, 2003, 32(3): 208-222.
- [4] 孟恩,许文良,杨德彬,等.满洲里地区灵泉盆地中生代火山岩的锆石 U-Pb 年代学、地球化学及其地质意义[J].岩石学报,2011,27
   (4):1209-1226.
- [5] 许文良, 王枫, 裴福萍, 等. 中国东北中生代构造体制与区域成矿背景: 来自中生代火山岩组合时空变化的制约[J]. 岩石学报, 2013, 29(2): 339-353.
- [6]张丽,刘永江,冯志强,等.额尔古纳地块中生代火山岩盆地基底构造特征:来自灵泉盆地的启示[J].地球科学,2017,42(12):2229-2242.
- [7] Wu F Y, Jahn B M, Wilde S A, et al. Phanerozoic crustal growth: U-Pb and Sr-Nd isotopic evidence from the granites in northeastern China[J]. Tectonophysics, 2000, 328(1/2): 89–113.
- [8] Li J Y. Permian geodynamic setting of Northeast China and adjacent regions: closure of the Paleo – Asian Ocean and subduction of the Paleo–Pacific Plate[J].Journal of Asian Earth sciences, 2006, 26(3/4): 207–224.
- [9] Xu W L,Pei F P,Wang F,et al.Spatial-temporal relationships of Mesozoic volcanic rocks in NE China: Coraintns on tectonic overprinting and transformations between multiple tectonic regimes [J].Journal of Asian

Earth Sciences, 2013, 74 : 167–193.

- [10] Meng E, Xu W L, Pei F P, et al. Permian bimodal volcanism in the Zhangguangcai Range of eastern Heilongjiang Province, NE China: Zircon U-Pb-Hf isotopes and geochemical evidence[J]. Journal of Asian Earth Sciences. 2011, 41(2): 119–132.
- [11] Wu F Y, Sun D Y, Ge W C, et al.Geochronology of the Phanerozoic granitoids in northeastern China[J].Journal of Asian Earth Sciences, 2011,41(1): 1–30.
- [12] Reichow M K, Litvinovsky B A, Parrish R R, et al. Multi stage emplacement of alkaline and peralkaline syenitegranite suites in the Mongolian – Transbaikalian Belt, Russia: Evidence from U – Pb geochronology and whole rock geochemistry[J]. Chemical Geology, 2010,273(1/2): 120–135.
- [13] Donskaya T V, Gladkochub D P, Mazukabzov A M. Late Paleozoic Mesozoic subduction related magmatism at the southern margin of the Siberian continent and the 150 million – year history of the Mongol–Okhotskm Ocean[J].Journal of Asian Earth Sciences, 2013, 62: 79–97.
- [14] Sun D Y, Gou J, Wang T H, et al. Geochronological and geochemical constraints on the Erguna Massif basement, NE China subduction history of the Mongol – Okhots oceanic crust [J]. International Geology Review, 2013, 55(14): 1801–1816.
- [15] Tang J,Xu W L,Wang F, et al.Geochronological and geochemical of Early-Middle Triassic magmatism in the Erguna Massif. NE China: Constraints on the tectonic evolution of the Mongol-Okhots Ocean[J]. Lithos, 2014, 184/187(1): 1–16.
- [16]余宏全,李进文,向安平,等.大兴安岭中北段原岩锆石 U-Pb 测 年及其与区域构造演化关系[J].岩石学报,2012,28(2):571-594.
- [17] Orolmaa D, Erdenesaihan G, Borisenko A S, et al. Permian Triassic granitoid magmatism and metallogeny of the Hangayn (central Mongolia)[J].Russian Geology and Geophysics,2008,49(7): 534–544.
- [18] Sengör A M C, Natal' in B A, Burtman V S. Evolution of the Altaid tectonic collage and Paleozoic crustal growth in Eurasia [J]. Nature, 1993, 364: 299–307.
- [19] 孟凡超,刘嘉麒,崔岩,等.中国东北地区中生代构造体制的转变: 来自火山岩时空分布与岩石组合的制约[J].岩石学报,2014,30 (12):3569-3586.
- [20] Tang J, Xu W L, Wang F, et al. Geochronology, geochemistry, and deformation history of Late Jurassic –Early Cretaceous intrusive rocks in the Erguna Massif, NE China: Constraints on the late Mesozoic tectonic evolution of the Mongol – Okhotsk orogenic belt [J]. Tectonophysics, 2015, 658: 91–110.
- [21] 解开瑞,巫建华,祝洪涛,等.大兴安岭南端芝瑞盆地流纹岩年代 学、地球化学及岩石成因[J].地球化学,2016,45(3):249-267.
- [22] Xu W L, Ji W Q, Pei F P, et al. Triassic volcanism in eastern Heilongjiang and Jilin provinces, NE China: Chronology, geochemistry, and tectonic implications [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2009, 34(3): 392–402.
- [23]徐美君,许文良,孟恩,等.内蒙古东北部额尔古纳地区上护林-向 阳盆地中生代火山岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄和地球化学

特征[J].地质通报,2011,30(9):1321-1338.

- [24] Wang T, Guo L, Zhang L, et al. Timing and evolution of Jurassic Cretaceous granitoidmagmatisms in the Mongol – Okhotsk belt and adjacent areas, NE Asia: Implication for transition from contractional crustal thickening to extensional thinning and geodynamic settings[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2015, 97(B): 365–392.
- [25] 李思田,杨世恭,吴冲龙,等.中国东北部晚中生代裂陷作用和东 北亚断陷盆地系[J].中国科学(B辑),1987,21(2):185-195.
- [26] 陈义贤, 陈文寄. 辽西及邻区中生代火山岩——年代学、地球化 学和构造背景[M].北京: 地震局出版社, 1997: 1-279.
- [27] Wu F Y, Wilde S, Zhang G L, et al. Geochronology and petrogenesis of post-orogenicCu-Ni sulfide-bearing mafic-ultramafic complexes in Jilin Province, NE China[J].Journal of Asian Earth Sciences, 2004, 23: 781–797.
- [28] 宋维民,杜继宇,那福超,等.大兴安岭中段突泉地区早白垩世碱 性流纹岩锆石 U-Pb 定年及岩石成因[J].地质通报,2019,38(4): 619-631.
- [29] Zhang C, Quan J Y, Zhang Y J, et al. Late Mesozoic tectonic evolution of the southern Great Xing'an Range, NE China: Evidence from whole – rock geochemistry, and zircon U – Pb ages and Hf isotopes from volcanic rocks[J]. Lithos, 2020, 362/363: 1–18.
- [30] 杨雅军,杨晓平,江斌,等.大兴安岭地区 Nestoria 动物群分布、时限及晚中生代火山-沉积地层的厘定[J].地质通报,2020,39(6): 827-838.
- [31] 任纪舜,赵磊,徐芹芹,等.中国的全球构造位置和地球动力系统[J]. 地质学报,2016,90(9):2100-2108.
- [32] Zonenshain L P, Kuzmin M I, Natapov L M, et al. Geology of the USSR: A Plate – tectonic Synthesis [J]. Amer. Geophys. Union Geodynamics, 1990, 21: 242.
- [33] Zorin Y A. Geodynamics of the western part of the Mongolia Okhotsk collisional belt, Trans –Baikal region (Russia) and Mongolia [J]. Tectonophysics, 1999, 306(1): 33–56.
- [34] Parfenov L M, Popeko L I, Tomurtogoo O.Problems of tectonics of the Mongol – Okhotsk orogenic belt [J]. Geology of the Pacific Ocean, 2001, 16(5): 797–830.
- [35] 李锦轶.中国东北及邻区若干地质构造问题的新认识[J].地质论 评,1998,44(4): 339-347.
- [36]李锦轶,曲军峰,张进,等.中国北方造山区显生宙地质历史重建 与成矿地质背景研究进展[J].地质通报,2013,32(2/3):207-219.
- [37] Sengör A M C, Natal' in B A.Paleotectonics of Asia: fragments of a synthesis[C]//Yin A, Harrison T M. The Tectonics Evolution of Asia. Cambridge: Cambridge University Press, 1996: 486–640.
- [38] Kravchinsky V A, Cogné J P, Harbert W P, et al. Evolution of the Mongol–Okhotsk Ocean as constrained by new palaeomagnetic data from the Mongol – Okhotsk suture zone, Siberia [J]. Geophysical Journal International, 2002, 148: 34–57.
- [39] Cogné J P, Kravchinsky V A, Halim N, et al. Late Jurassic Early Cretaceous closure of the Mongol–Okhotsk Ocean demonstrated by new Mesozoic palaeomagnetic results from the Trans–Baikal area(SE Siberia)[J].Geophysical Journal International, 2005, 163: 813–832.

- [40] 张允平,宋维民,那福超,等.东北亚活动大陆边缘中生代构造格 架主体特点[J].地质与资源,2016,25(5):407-423.
- [41] Bussien D, Gombojav N, Winkler W, et al. The Mongol–Okhotsk Belt in Mongolia: An appraisalof the geodynamic development by the study of sandstone provenance and detrital zircons[J]. Tectonophysics, 2011,510(1/2): 132–150.
- [42] Halim N, Kravchinsky V, Gilder S, et al. A palaeomagnetic study from the Mongol–Okhotsk region: rotated Early Cretaceous volcanics and remagnetized Mesozoic sediments [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1998, 159(3/4): 133–145.
- [43] DerbekoI M, Sorokin A A, Sal' nikova E B, et al. Age of Felsic volcanism in the Selitkan Zone of the Khingan – Okhotsk volcano plutonic Belt, Russian far east[J]. Doklady Earth Sciences, 2008, 418 (1): 28–31.
- [44] Zhang K J.Genesis of the Late Mesozoic Great Xing' an Range Large Igneous Province in Eastern Central Asia: A Mongol=Okhotsk Slab Window Model[J]. International Geology Review, 2014, 56 (13): 1557–1583.
- [45]李强,程学芹,陈伟等,等.额尔古纳地块早一中三叠世安山岩的 发现及其对蒙古-鄂霍茨克洋南向俯冲的指示[J].地球科学, 2020,46(8):2768-2785.
- [46] 孙广瑞, 刘旭光, 韩振哲, 等. 上黑龙江盆地中上侏罗统二十二站 群的地层划分与时代[J]. 地质通报, 2002, 21(3): 150-155.
- [47]李锦轶,和政军,莫申国,等.大兴安岭北部绣峰组下部砾岩的形成时代及其大地构造意义[J].地质通报,2004,23(2):120-129.
- [48]和钟铧,刘招君,郭宏伟,等.漠河盆地中侏罗世沉积源区分析及 地质意义[J].吉林大学学报:地球科学版,2008,38(3):398-404.
- [49] 侯伟,刘招君,何玉平,等.漠河盆地上侏罗统沉积特征与构造背 景[J].吉林大学学报:地球科学版,2010,40(2):286-297.
- [50]肖传桃,叶明,文志刚,等.漠河盆地额木尔河群古植物研究[J].地 学前缘,2015,22(3):299-309.
- [51] 张顺,林春明,吴朝东,等.黑龙江漠河盆地构造特征与成盆演化[J].高 校地质学报,2003,9(3):411-419.
- [52]杨晓平,江斌,杨雅军.大兴安岭早白垩世火山岩的时空分布特征[J]. 地球科学,2019,44(10): 3237-3251.
- [53]张允平,宋维民,那福超.对冀北原辽西原大兴安岭地区晚中生代 地层划分、对比的区域构造学思考[J].地质与资源,2018,27(4): 307-316.
- [54] Davis G A, Qian X L, Zheng Y D. Mesozoic deformation and plutonism in the Yunmeng Shan: A metamorphic core complex north of Beijing, China [C]//Yin A, Harrison M, Rubey V. The Tectonic Evolution of Asia.Cambridge: Cambridge University Press, 1996: 253–280.
- [55] Davis G A, Wang C, Zheng Y D, et al. The enigmatic Yinshan foldand – thrust belt of northern China: New views on its intraplate contractional styles[J]. Geology, 1998, 26: 43–46.
- [56] Davis G A, Zheng Y D, Wang C, et al. Mesozoic tectonic evolution of the Yanshan Fold and Thrust Belt, with emphasis on Hebei and Liaoning Provinces, Northern China[J]. Geological Societyof America Memoir, 2001, 194: 171–197.

- [57] Li C M, Zhang C H, Cope T D, et al. Out-of-sequence thrusting in polycyclic thrust belts: An example from the Mesozoic Yanshan belt, North China Craton[J]. Tectonics, 2016, 35: 2082–2116.
- [58]张长厚,张勇,李海龙,等.燕山西段及北京西山晚中生代逆冲构造格局及其地质意义[J],2006,13(2):165-183.
- [59] 张长厚,李程明,邓洪菱,等.燕山-太行山北段中生代收缩变形与 华北克拉通破坏[J].中国科学:地球科学,2011,5:593-617.
- [60] 赵越,崔盛芹,郭涛,等.北京西山侏罗纪盆地演化及其构造意义[J].地 质通报,2002,21(4/5):211-217.
- [61] 赵越,徐刚,张拴宏,等.燕山运动与东亚构造体制的转变[J].地学前缘,2004,11(3):319-328.
- [62] 徐刚,赵越,吴海,等.辽西凌源牛营子盆地晚三叠世—中侏罗世 地层层序及区域对比[J].地球学报,2005,4:299-308.
- [63] 刘健,赵越,柳小明.冀北承德盆地髫髻山组火山岩的时代[J].岩 石学报,2006,22(11):2617-2630.
- [64] Zorin Y A, Mordvinova V V, Turutanov E K, et al. Low seismic velocity layers in the Earth's crust beneath Eastern Siberia (Russia) and Central Mongolia: Receiver function data and their possible geological implication[J]. Tectonophysics, 2002, 359: 307–327.
- [65] 董树文,张岳桥,李海龙,等.燕山运动与东亚大陆晚中生代多板 块汇聚构造——纪念"燕山运动"90周年[J].中国科学:地球科 学,2019,49(6):913-938.
- [66] 牛宝贵,和政军,任纪舜,等.冀北张家口组、义县组火山岩 SHRIMP 定年兼论中国东部大兴安岭兴安岭群和东南沿海火山 岩地层时代[J].地质学报,2004,78(6):751.
- [67] 陈印,朱光,姜大志,等.云蒙山变质核杂岩的变形规律与发育机制[J].科学通报,2014,59(16):1525-1541.
- [68] Li J H, Zhang Y Q, Dong S W, et al. The Hengshan low-angle normal fault zone: Structural and geochronological constraints on the Late Mesozoic crustal extension in South China[J]. Tectonophysics,

2013,606:97-115.

- [69] 张履桥, 邵济安, 郑广瑞.内蒙古甘珠尔庙变质核杂岩[J].地质科 学, 1998, 33(2): 140-146.
- [70] 陈先兵.冀东马兰峪变质核杂岩控矿的初步认识[J].有色金属矿 产与勘查,1999,8(6): 321-324.
- [71]梁雨华,王献忠,于文祥,等.辽西医巫闾山变质核杂岩中间流变 层变形特征[J].吉林大学学报(地球科学版),2009,39(4):711-716.
- [72]杨中柱, 孟庆成, 江江, 等. 辽南变质核杂岩构造[J]. 辽宁地质, 1996, 4: 241-250.
- [73] 任建业,李思田,焦贵浩.二连断陷盆地群伸展构造系统及其发育的深部背景[J].地球科学:中国地质大学学报,1998,23(6):567-572.
- [74] 刘昭君,董清水,王嗣敏,等.陆相层序地层学导论与应用[M].北 京:石油工业出版社,2002:178.
- [75] 张允平.东北亚地区晚侏罗—早白垩纪构造格架主体特点[J].吉 林大学学报:地球科学版,2011,41(5):1267-1284.
- [76] Davis G A, Darby B J.Early Cretaceous overprinting of the Mesozoic Daqing Shan fold-and-thrust belt by the Hohhot metamorphic core complex, Inner Mongolia, China[J].Geoscience Frontiers, 2010, 1: 1–20.
- [77] Li J H, Zhang Y Q, Dong S W, et al. Late Mesozoic Early Cenozoic deformation history of the Yuanma Basin, central South China [J]. Tectonophysics, 2012, 570/571: 163–183.
- [78] Wang G G, Ni P, Zhao K D, et al. Petrogenesis of the Middle Jurassic Yinshan volcanic – intrusive complex, SE China: Implications for tectonic evolution and Cu – Au mineralization [J]. Lithos, 2012, 150: 135–154.
- [79] 车亚文,刘建峰,赵硕,等.大兴安岭南段早白垩世早期后碰撞构 造环境——来自林西县兰家营子辉长闪长岩的证据[J].地质通 报,2021,40(1):152-163.
- [80] 张允平,李景春.华北及其以北地区晚古生代—早中生代构造格 架主体特点[J].中国地质,2010,37(4):916-930.