

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2023.331

引用格式: 刘永高. 大兴安岭中南段霍林河地区火山喷发旋回划分及特征[J]. 中国地质调查, 2024, 11(4): 50–61. (Liu Y G. Volcanic eruption cycles division and characteristics in Huolinhe area of the central and southern Greater Khingan Mountain[J]. Geological Survey of China, 2024, 11(4): 50–61.)

大兴安岭中南段霍林河地区火山喷发旋回划分及特征

刘永高

(内蒙古第十地质矿产勘查开发有限责任公司, 内蒙古 赤峰 024000)

摘要: 大兴安岭中南段霍林河地区自中生代以来火山活动强烈, 形成了广泛分布的中侏罗世—早白垩世中酸性火山岩, 是研究中生代火山喷发演化特征的理想地区。通过在霍林河地区运用“火山岩岩性与岩相—火山构造—岩石地层”三重填图方法进行填图, 对岩性、岩相、火山喷发旋回及韵律特征进行总结分析。结果显示: 霍林河地区出露岩性种类可分为普通火山碎屑岩、熔结火山碎屑岩、熔岩、沉积火山碎屑岩和火山碎屑沉积岩、潜火山岩共6类, 岩相主要有爆发相、火山碎屑流相、火山爆发崩塌相、火山喷发沉积相、溢流相、火山颈相、侵出相及潜火山岩相共8类; 本区火山活动可划分为新民期((163.7 ± 1.7) ~ (160.0 ± 4.0) Ma)、塔木兰沟期((164.2 ± 4.1) ~ (159.7 ± 2.7) Ma)、满克头鄂博期((163.4 ± 1.3) ~ (157.0 ± 1.1) Ma)、玛尼吐期((151.4 ± 2.6) ~ (144.0 ± 2.8) Ma)、白音高老期((141.7 ± 1.3) ~ (128.6 ± 1.4) Ma)、梅勒图期((133.4 ± 1.5) ~ (127.7 ± 1.4) Ma)共6个火山喷发旋回, 对应6个组级火山岩地层单元。在中侏罗世, 霍林河地区的火山活动不稳定, 少量酸性火山碎屑岩爆发并伴有较多间歇期, 晚期主要为中性熔岩的平静溢流; 晚侏罗世火山活动表现为酸性火山碎屑岩的强烈爆发, 并伴随有少量中酸性火山熔岩溢出; 早白垩世早期早阶段火山活动表现为酸性火山碎屑岩的强烈爆发作用, 早期晚阶段火山活动表现为中基性火山熔岩的平静溢流。霍林河地区的火山活动代表了典型的大兴安岭中南段中生代火山喷发旋回特征, 研究成果有助于对大兴安岭中南段中生代火山喷发旋回进行合理划分, 促进不同地区火山岩岩性组合、火山活动特征、岩相建造及火山地层的深入对比研究。

关键词: 火山岩区填图; 火山喷发旋回; 韵律; 火山构造; 岩性; 岩相

中图分类号: P588.141

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2024)04-0050-12

0 引言

大兴安岭地区位于兴蒙造山带东段^[1], 中生代受环太平洋构造域和古亚洲洋构造域的双重影响, 火山活动强烈, 形成了大规模的火山岩^[2-8]。大兴安岭地区火山岩主要分布在大兴安岭主脊及两侧, 呈NE向、NNE向横跨在古亚洲洋构造域的不同构造单元之上^[9-14], 是东亚大陆边缘巨型火山岩带的主要组成部分^[9-10, 15]和我国东北地区中生代火山岩最发育、火山作用最强烈的地区^[16-17]。近年来,

随着工作程度的不断提高及新技术、新方法的应用, 对大兴安岭中生代火山岩的研究已取得大量成果, 但主要集中于对其形成年代、成因及动力学机制的探讨^[18-26], 关于火山喷发旋回及韵律特征的报道较少, 且火山喷发旋回的划分方案仍未达成一致认识, 部分学者认为火山喷发旋回应依据各时代火山地层间的接触关系划分, 喷发产物大致与统级填图单位相当^[27-28], 也有学者认为火山喷发旋回是一个由强变弱的活动, 由数个火山韵律组成, 相当于沉积地层中的组级填图单位^[29-31]。

霍林河地区位于大兴安岭火山岩带中南部, 中生

收稿日期: 2023-12-04; 修订日期: 2024-07-08。

基金项目: 中国地质调查局“内蒙古1:5万包尔呼吉尔塔拉(L50E015023)、巴润哈尔努尔(L50E015024)、沙尔呼热(L50E016023)、查布干其敖瑞(L50E016024)、阿尔布拉格敖包(L50E017023)、呆布嘎音乌拉(L50E017024)、甘珠尔敖包(L50E018023)、罕山林场(L50E018024)幅区域地质调查(编号: DD20160048-11)”项目资助。

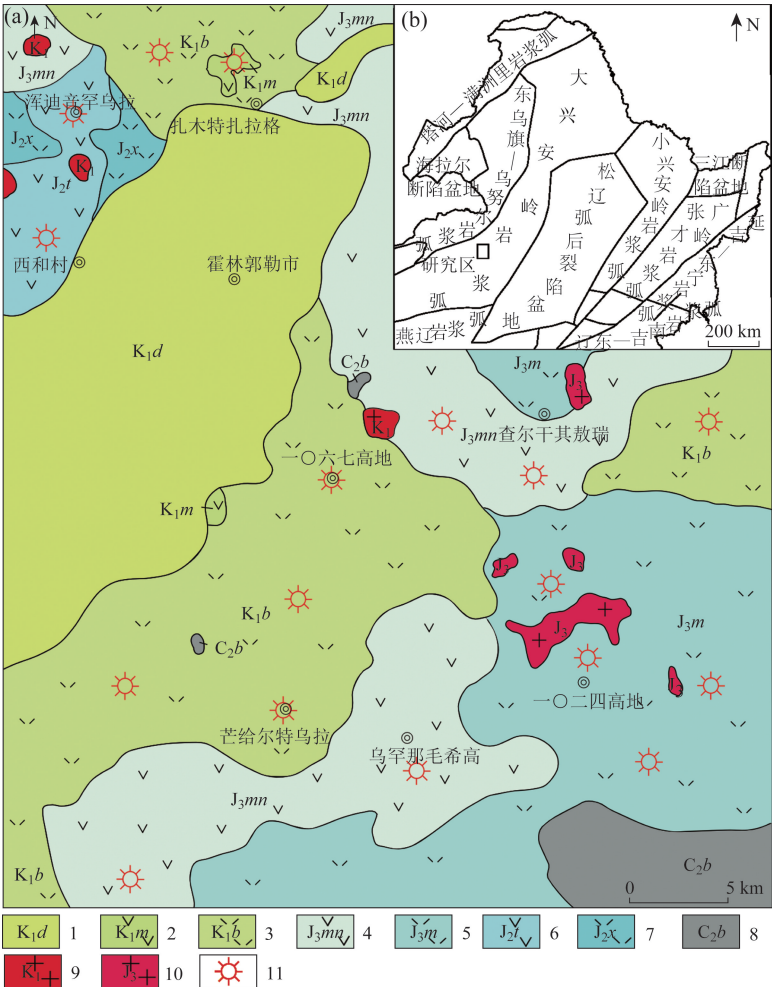
作者简介: 刘永高(1970—), 男, 高级工程师, 主要从事区域地质、矿产勘查方面的研究工作。Email: 2405197661@qq.com。

代以来火山活动强烈,大规模的火山爆发和溢流作用形成了厚度巨大的火山喷发物,中侏罗世、晚侏罗世及早白垩世的火山地层均有出露,其火山岩岩性、岩相种类齐全,火山构造及空间组合形式复杂,是研究中生代火山岩喷发演化特征的理想地区。本文通过运用“火山岩岩性与岩相-火山构造-岩石地层”三重填图方法对中生代火山岩进行填图,对火山喷发旋回及韵律变化特征进行研究分析,可为探明区域火山演化、活动规律及空间展布提供基础地质资料。

1 研究区概况

霍林河地区位于内蒙古自治区东北部,处于通

辽市、兴安盟、锡林浩特市和赤峰市4个盟市交界处,中生代大地构造位置属大兴安岭岩浆弧中南段^[32]。研究区火山岩属环太平洋巨型火山活动带,大兴安岭中生代火山岩带,同兴-宝石火山喷发带内北东段^[33]。本区中生代火山岩出露广泛,从老到新含火山岩地层有中侏罗统新民组、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,其中以满克头鄂博组、玛尼吐组及白音高老组出露最为广泛,与相邻火山地层呈整合接触或喷发不整合接触。火山岩基底地层为上石炭统本巴图组,呈NE向带状或小面积零星出露^[34],霍林郭勒市附近上覆下白垩统大磨拐河组含煤地层。晚侏罗世及早白垩世均伴有同时期的侵入岩,多呈小面积岩株状分布(图1)。



1. 下白垩统大磨拐河组; 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. 中侏罗统塔木兰沟组; 7. 中侏罗统新民组; 8. 上石炭统本巴图组; 9. 早白垩世侵入岩; 10. 晚侏罗世侵入岩; 11. 火山口

图1 研究区地质简图(a)及东北地区陆缘盆地大地构造图(b) (据文献[32]修改)

Fig.1 Geological sketch of the study area(a)and tectonic map of the continental marginal basin in Northeastern China(b) (modified after reference[32])

2 岩石类型

研究区火山岩的岩石类型较为齐全,可分为普通火山碎屑岩、熔结火山碎屑岩、熔岩、沉积火山碎屑岩和火山碎屑沉积岩、潜火山岩共 6 类。根据岩石化学成分、矿物成分、碎屑物的粒度及含量等进行进一步划分。

普通火山碎屑岩是研究区分布最广的一种岩石类型,主要岩性有流纹质晶屑凝灰岩(图 2(a))、流纹质含角砾(岩屑)晶屑凝灰岩、流纹质晶屑玻屑凝灰岩、流纹质角砾凝灰岩、安山质晶屑凝灰岩、安山质含角砾晶屑凝灰岩、安山质火山角砾岩、英安质晶屑凝灰岩等;熔结火山碎屑岩分布广泛,多围

绕着火山机构中心呈环状、半环状、弧状分布,岩性主要有流纹质晶屑熔结凝灰岩、流纹质含角砾(岩屑)晶屑凝灰岩、流纹质晶屑玻屑熔结凝灰岩(图 2(b))、流纹质含角砾晶屑浆屑熔结凝灰岩、英安质晶屑熔结凝灰岩等;熔岩主要有流纹岩(图 2(c))、安山岩、英安岩、粗面岩、珍珠岩、黑曜岩、松脂岩等;沉积火山碎屑岩和火山碎屑沉积岩常见于各火山活动旋回的下部,且多分布于盆地边缘,局部呈夹层产于火山碎屑岩中,主要岩性有凝灰质细砂岩屑砂岩、凝灰质粉砂岩、安山质沉凝灰岩(图 2(d))、凝灰质含砾砂岩、凝灰质砂砾岩、凝灰质砾岩、沉角砾晶屑凝灰岩等;潜火山岩多位于近火山口位置,产状较为陡立,主要岩性有潜流纹斑岩、潜流纹岩、潜英安岩、潜安山岩(图 2(e))、珍珠岩等。

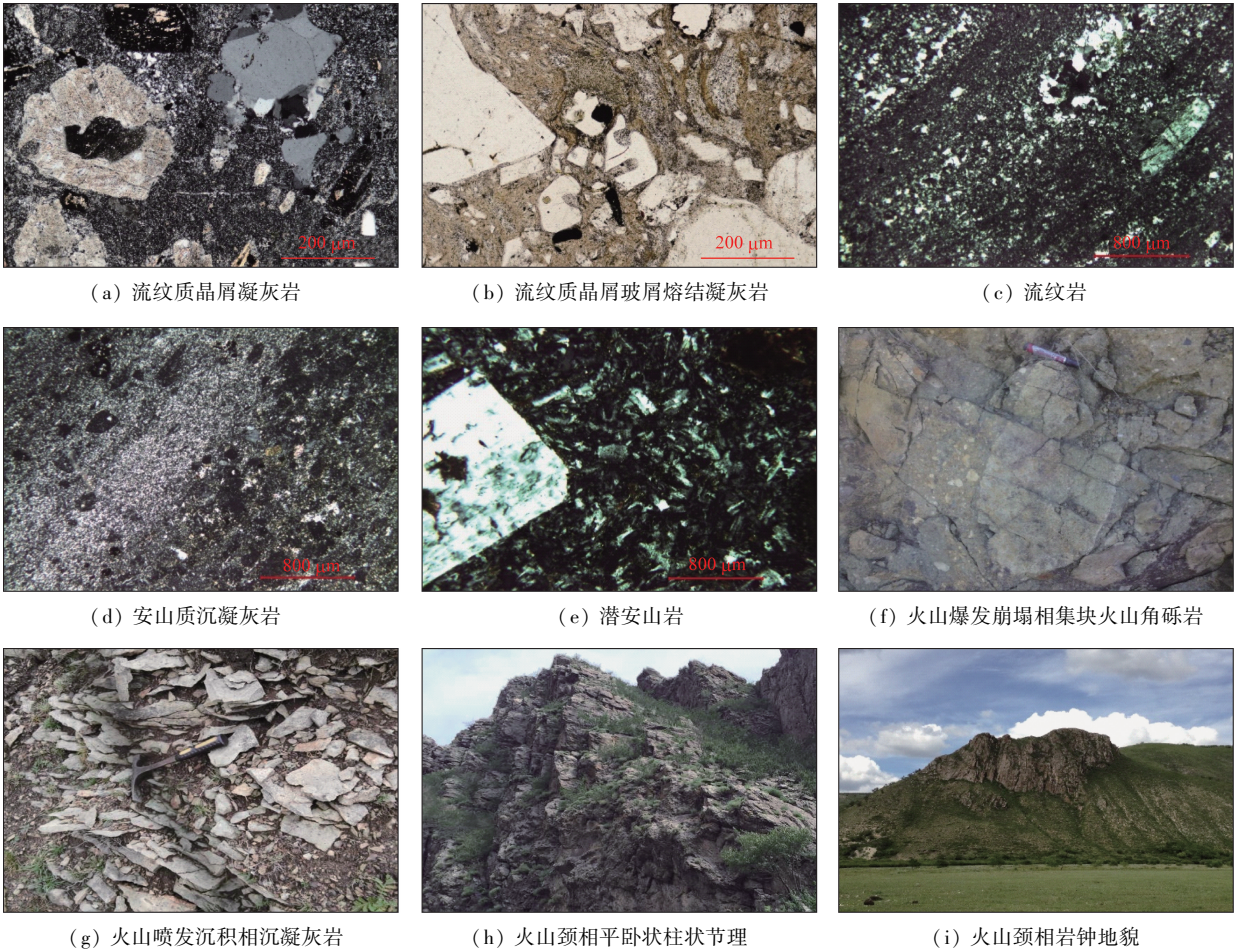


图 2 研究区代表性岩石野外及显微照片

Fig. 2 Field and microscope photos of representative rocks in the study area

3 火山岩岩相

研究区火山岩岩相可划分为爆发相、火山碎屑

流相、火山爆发崩塌相、火山喷发沉积相、溢流相、火山颈相、侵出相及潜火山岩相共 8 类,分别对应不同的岩石类型(表 1)。

表 1 研究区中侏罗世—早白垩世火山岩岩相划分

Tab.1 Lithofacies division of volcanic rocks from Middle Jurassic to Early Cretaceous in the study area				
岩相类型	主要岩石类型	分布特征	成岩环境	岩浆作用方式
爆发相	流纹质(含角砾)晶屑(玻屑)凝灰岩、英安质(含角砾)晶屑凝灰岩、安山质(含角砾)晶屑凝灰岩、凝灰岩等	通常分布于火山通道周围及火山机构的外部,在火山机构外围由内向外一般角砾含量减小,粒度由大变小		
火山碎屑流相	流纹质(含角砾)晶屑熔结凝灰岩、英安质(含角砾)晶屑熔结凝灰岩、安山质(含角砾)晶屑熔结凝灰岩等	分布于火山通道周围,火山斜坡及外围。组成岩流单元的主体,围绕火山通道呈环状、半环状及弧状分布		喷发作用
火山爆发崩塌相	火山集块岩、集块火山角砾岩(图 2(f))、火山角砾岩等	常见于火山通道周围,是近火山通道的岩石标志	地表开放环境	
火山喷发沉积相	沉凝灰岩(图 2(g))、凝灰质含砾砂岩、凝灰质砂砾岩、凝灰质含砾中细粒岩屑砂岩、凝灰质粉砂岩等	主要分布于火山通道周围,为典型的近火山通道的岩相标志		溢流作用
溢流相	安山岩、流纹岩、英安岩	呈岩流、岩被或岩舌状展布,呈环状、半环状及弧状分布		
火山颈相	充填于火山通道中的各种岩石类型,主要有集块角砾凝灰岩、火山角砾岩、流纹岩、流纹斑岩、安山岩、流纹质含角砾晶屑浆屑熔结凝灰岩、流纹质晶屑浆屑熔结凝灰岩等	常见于火山机构的中心部位,常形成平卧柱状节理(图 2(h))及渦流状流纹构造。地貌上常呈巨大的岩钟高耸于山顶(图 2(i)),但有时为低洼的凹地	半封闭、半开放环境	侵入作用
侵入相	珍珠岩、黑曜岩、松脂岩	沿火山通道或次级通道侵入地表,呈岩株状或不规则椭圆状		
潜火山岩相	流纹斑岩、流纹岩、珍珠岩、英安岩、安山岩	主要呈岩瘤分布于穹状火山的中心部位及呈环状、放射状岩脉(体)分布于火山机构的外围。其空间展布明显受火山构造及环状、放射状断裂控制,与围岩呈侵入接触	封闭环境	侵入作用

4 火山喷发旋回

火山喷发旋回是指在一个火山活动期内,火山作用过程的各种产物及火山构造的综合^[35-36]。一般按不同时代火山岩的岩性组合、岩石系列、接触关系、火山活动及岩相建造特征进行划分,但不同学者的划分尺度不同,方案亦不同。本文认为大兴安岭地区中生代火山喷发旋回与地质年代中期的概念具有可比性,对应组级的填图单位,具有岩性、岩相和变质程度的一致性^[37],一个组即代表了一个火山喷发旋回的产物,因此火山喷发旋回可大

致按相对应的组(期)级划分方案进行划分^[16]。本区火山岩已获得了大量测年数据^[38],基于测年数据按时间由老到新,将本区中侏罗世—早白垩世火山活动划分为新民期((163.7±1.7)~(160.0±4.0) Ma)^[38]、塔木兰沟期((164.2±4.1)~(159.7±2.7) Ma)^[38]、满克头鄂博期((163.4±1.3)~(157.0±1.1) Ma)^[39]、玛尼吐期((151.4±2.6)~(144.0±2.8) Ma)^[40]、白音高老期((141.7±1.3)~(128.6±1.4) Ma)^[38]、梅勒图期((133.4±1.5)~(127.7±1.4) Ma)^[41]共 6 个火山喷发旋回(表 2),分别对应新民组、塔木兰沟组、满克头鄂博组、玛尼吐组、白音高老组、梅勒图组 6 个火山岩岩石地层单位。

表 2 研究区火山喷发旋回划分
Tab.2 Division of volcanic eruption cycles in the study area

时代	火山喷发旋回	主要岩石类型	主要岩相类型	火山活动方式
早白垩世	梅勒图期	主要为安山岩,少量角闪安山岩、辉石安山岩、(杏仁状)粗安岩,夹流纹安山质沉凝灰岩、凝灰质细砂岩等薄层	溢流相、火山喷发沉积相	中心式
	白音高老期	主要为灰绿色、灰黄色、灰白色流纹质晶屑凝灰岩,流纹质含角砾岩屑晶屑凝灰岩,流纹质含角砾晶屑熔结凝灰岩,流纹质晶屑玻屑熔结凝灰岩,流纹质晶屑熔结凝灰岩,流纹岩,流纹质火山角砾岩,少量凝灰质含砾砂岩、凝灰质含砾砂岩、沉凝灰岩等	降落相、火山碎屑流相、溢流相、火山喷发沉积相、火山颈相、侵入相、潜火山岩相	中心式

续表

时代	火山喷发旋回	主要火山岩类型	主要岩相类型	火山活动方式
晚侏罗世	玛尼吐期	灰绿、灰、灰紫色安山岩,辉石安山岩,气孔状安山岩,安山质晶屑凝灰岩,安山质含角砾晶屑凝灰岩,英安质晶屑凝灰岩,英安质屑晶屑熔结凝灰岩,火山口附近分布有少量集块岩,安山质火山角砾岩夹沉凝灰岩	降落相、溢流相、火山喷发沉积相、火山颈相、潜火山岩相	中心式
	满克头鄂博期	灰白、灰黄、灰紫色流纹质角砾凝灰岩,流纹质含集块角砾凝灰岩,流纹质含角砾岩屑晶屑凝灰岩,流纹质晶屑凝灰岩,流纹岩及少量凝灰质细砂岩,粉砂岩等	降落相、火山碎屑流相、溢流相、火山喷发沉积相、火山颈相、潜火山岩相	中心式
中侏罗世	塔木兰沟期	安山岩、安山质火山角砾岩、安山质晶屑凝灰岩、安山质含角砾晶屑凝灰岩、安山质角砾凝灰岩、英安质晶屑凝灰岩、夹有凝灰质粉砂岩、粉砂岩	降落相、溢流相、火山喷发沉积相、火山颈相	中心式
	新民期	灰白色、灰黄色、灰紫色流纹质质晶屑凝灰岩,流纹质含角砾晶屑凝灰岩,流纹岩,凝灰质砂砾岩,凝灰质砂岩,凝灰质粉砂岩等	降落相、溢流相、火山喷发沉积相、火山颈相	中心式

4.1 中侏罗世新民期火山喷发旋回

新民期火山产物为新民组,仅分布于研究区的西北部,出露较为局限。以浑迪音罕乌拉地区为例(表3),该地区新民组主要为火山碎屑岩与沉积岩交替的组合类型,按爆发相-火山喷发沉积相/沉积相的周期可划分出两个韵律,第Ⅰ韵律(1~12层)和第Ⅱ韵律(13~20层)均在强烈爆发后进入间歇期,总体爆发指数(爆发相火山碎屑岩厚度/总厚度)较高,反映了不稳定的火山活动。

表 3 中侏罗世新民期火山喷发旋回韵律

Tab.3 Rhythm of volcanic eruption cycles in Xinmin				
Period of Middle Jurassic				
层号	岩性	厚度/m	岩相	韵律
20	灰色沉凝灰岩	15.4	火山喷发	Ⅱ
19	灰色凝灰质砂岩	12.4	沉积相	
18	灰色流纹质晶屑凝灰岩	59.8	爆发相	
17	灰白色流纹质岩屑晶屑凝灰岩	29.6		
16	灰紫色流纹质晶屑玻屑凝灰岩	100.8		
15	灰白色流纹质岩屑晶屑凝灰岩	3.8		
14	灰色流纹质晶屑玻屑凝灰岩	16.2		
13	灰白色流纹质晶屑凝灰岩	16.8		
12	灰色细砂岩	4.9	沉积相	
11	灰色沉凝灰岩	8.1	火山喷发 沉积相	
10	灰色细砂岩	27.1	沉积相	
9	灰色沉凝灰岩	31.4	火山喷发	Ⅰ
8	灰色凝灰质砂岩	1.5	沉积相	
7	灰色流纹质含角砾岩屑玻屑熔结凝灰岩	46.6	爆发相	
6	灰黑色流纹质含角砾晶屑凝灰岩	22.0		
5	灰紫色流纹质含角砾晶屑玻屑凝灰岩	2.7		
4	灰色流纹质含角砾晶屑凝灰岩	8.7		
3	灰色流纹质含角砾岩屑晶屑凝灰岩	10.0		
2	灰黑色流纹质含角砾晶屑凝灰岩	10.7		
1	灰紫色流纹质含角砾晶屑玻屑凝灰岩	>9.3		

4.2 中侏罗世塔木兰沟期火山喷发旋回

塔木兰沟期火山喷发旋回的火山产物为塔木兰沟组,仅分布于研究区的西北部浑迪音罕乌拉-西和村一带,出露较为局限。塔木兰沟期火山喷发旋回一般由3~6个火山喷发韵律组成,以西和村处破火山的南东翼为例(表4),岩石类型为互层的熔岩与沉积岩,按溢流相-沉积相的周期可划分出6个火山喷发韵律,火山喷发较弱,短暂间歇,显示塔木兰沟期火山喷发旋回至少经历了6次由宁静溢流到间歇的喷发过程。

表 4 中侏罗世塔木兰沟期火山喷发旋回韵律

Tab.4 Rhythm of volcanic eruption cycles in Tamulangou Period of Middle Jurassic				
层号	岩性	厚度/m	岩相	韵律
62	灰黑色安山岩	109.6	溢流相	Ⅵ
61	灰黑色气孔杏仁状安山岩	33.4		
60	灰绿色安山岩	108.7		
59	灰紫色气孔杏仁安山岩	32.4		
58	灰色安山岩	46.7		
57	灰黑色角闪安山岩	37.2		
56	灰色安山岩	34.8	沉积相	Ⅴ
55	灰紫色辉石安山岩	32.7		
54	灰绿色安山岩	57.0		
53	灰色气孔杏仁安山岩	38.9		
52	灰色安山岩	32.3		
51	灰黑色中砂岩	4.9		
50	灰紫色细砂岩	3.8		
49	灰绿色粗砂岩	2.0		
48	灰色沉凝灰岩	6.6		
47	灰黑色粗砂岩	8.7		
46	灰紫色细砂岩	6.4		
45	灰绿色中砂岩	5.5		
44	灰色细砂岩	2.6		
43	灰色粗砂岩	1.6		

				续表	
层号	岩性	厚度/m	岩相	韵律	
42	灰紫色安山岩	53.5	溢流相	V	
41	灰黑色气孔杏仁安山岩	20.9			
40	灰色安山岩	31.3			
39	灰黑色辉石安山岩	11.7			
38	灰紫色安山岩	20.2			
37	灰绿色气孔杏仁安山岩	23.3			
36	灰色安山岩	20.3			
35	灰黑色辉石安山岩	11.6			
34	灰色安山岩	10.5			
33	灰紫色角闪安山岩	19.8			
32	灰绿色安山岩	11.0			
31	灰色辉石安山岩	7.6			
30	灰紫色粗砂岩	4.1	沉积相	IV	
29	灰黄色细砂岩	5.2			
28	灰色辉石安山岩	14.5			
27	灰绿角闪安山岩	11.8			
26	灰紫色安山岩	20.8			
25	灰色角闪安山岩	23.1			
24	灰黑色安山岩	14.4			
23	灰色辉石安山岩	7.1			
22	灰绿色安山岩	7.8			
21	灰色辉石安山岩	20.0			
20	灰色安山岩	12.3			
19	灰色角闪安山岩	10.3	溢流相	III	
18	灰黑色安山岩	19.3			
17	灰色细砂岩	4.8			
16	灰紫色安山岩	103.8			
15	灰黑色气孔杏仁状安山岩	9.4			
14	灰色安山岩	38.5			
13	灰色角闪安山岩	8.3			
12	灰绿色中砂岩	6.2			
11	灰紫色细砂岩	3.8			
10	灰色安山岩	45.6			
9	灰黑色气孔杏仁状安山岩	9.6			
8	灰色安山岩	68.0	沉积相	II	
7	灰绿色细砂岩	4.3			
6	灰紫色砂岩	6.0			
5	灰色安山岩	9.0			
4	灰绿色气孔杏仁安山岩	21.7			
3	灰色辉石安山岩	5.4			
2	灰黑色角闪安山岩	8.5			
1	灰绿色安山岩	64.5			

4.3 晚侏罗世满克头鄂博期火山喷发旋回

研究区自晚侏罗世时期开始了强烈的火山活动。在中东部查尔干其敖瑞地区呈中心式溢流或侵入,多具岩穹特征,在南部罕山林场地区则以串珠状裂隙式爆发-溢流活动为特征。火山岩及火山机构的分布受 NE 向基底断裂的控制作用显著。

满克头鄂博期的火山喷发旋回产物对应满克头鄂博组,一般由 4~8 个火山喷发韵律组成,以一〇二四高地处破火山(图 1)的南东翼为例,岩石类型为火山碎屑

岩、熔岩、沉积岩/火山喷发沉积岩互层,按爆发相火山碎屑岩-溢流相熔岩-火山喷发沉积岩的周期可划分为 7 个韵律(表 5),每个韵律均由爆发相-溢流相或火山喷发沉积相组成,未见完整韵律,其中第 I 韵律与第 V 韵律在强烈爆发后进入短暂间歇期,其他韵律均在爆发期后进入宁静溢流,未经间歇期直接进入下一个韵律爆发期,说明火山活动至少经历了 7 次由强至弱的喷发过程,爆发指数 91,爆发强度较大。

表 5 晚侏罗世满克头鄂博期火山喷发旋回韵律
Tab.5 Rhythm of volcanic eruption cycles in Manktoubo
Period of Late Jurassic

层号	岩性	厚度/m	岩相	韵律	
48	灰白色流纹岩	>35.0	溢流相	Ⅶ	
47	浅灰色流纹质晶屑凝灰岩	8.2	爆发相		
46	灰白色流纹质岩屑晶屑凝灰岩	32.8			
45	浅灰色流纹质晶屑凝灰岩	24.6			
44	灰白色流纹质岩屑晶屑凝灰岩	16.4			
43	灰白色流纹岩	16.4	溢流相	Ⅵ	
42	灰白色流纹质岩屑晶屑凝灰岩	16.4	爆发相		
41	浅灰色流纹质晶屑凝灰岩	24.6			
40	灰白色流纹质岩屑晶屑熔结凝灰岩	32.8			
39	灰色流纹质晶屑熔结凝灰岩	32.8			
38	灰色凝灰质砂岩	8.2	火山喷发 沉积相	Ⅴ	
37	灰白色流纹质岩屑晶屑熔结凝灰岩	24.6	爆发相		
36	灰黄色流纹质晶屑熔结凝灰岩	16.4			
35	灰白色流纹质岩屑晶屑熔结凝灰岩	32.8			
34	灰黄色流纹质晶屑熔结凝灰岩	16.4			
33	灰白色流纹质岩屑晶屑熔结凝灰岩	16.4			
32	灰黄色流纹质晶屑熔结凝灰岩	24.6			
31	灰白色流纹质岩屑晶屑熔结凝灰岩	16.4	Ⅳ		
30	灰白色流纹岩	16.4			溢流相
29	灰白色流纹质岩屑晶屑凝灰岩	32.8			爆发相
28	浅灰色流纹质晶屑凝灰岩	32.8			
27	灰白色流纹质岩屑晶屑凝灰岩	16.4	Ⅲ		
26	灰白色流纹岩	16.4		溢流相	
25	浅灰色流纹质晶屑凝灰岩	24.6	爆发相		
24	灰白色流纹质岩屑晶屑凝灰岩	16.4			
23	浅灰色流纹质晶屑凝灰岩	32.8			
22	灰白色流纹质岩屑晶屑凝灰岩	16.4			
21	浅灰色流纹质晶屑凝灰岩	16.4			
20	灰白色流纹质岩屑晶屑凝灰岩	16.4			
19	浅灰色流纹质晶屑凝灰岩	16.4			
18	灰白色流纹质岩屑晶屑凝灰岩	16.4			
17	浅灰色流纹质晶屑凝灰岩	32.8			
16	灰白色流纹质岩屑晶屑凝灰岩	24.6			
15	浅灰色流纹质晶屑凝灰岩	16.4			

				续表
层号	岩性	厚度/m	岩相	韵律
14	灰白色流纹岩	16.4	溢流相	II
13	灰白色流纹质含角砾晶屑凝灰岩	24.6	爆发相	
12	浅灰色流纹质含角砾晶屑凝灰岩	8.2		
11	灰白色流纹质含角砾晶屑凝灰岩	24.6		
10	浅灰色流纹质晶屑凝灰岩	16.4		
9	灰白色流纹质岩屑晶屑凝灰岩	16.4		
8	灰色凝灰质砂岩	16.4	火山喷发 沉积相	I
7	浅灰色流纹质含角砾岩屑晶屑凝灰岩	24.6	爆发相	
6	灰白色流纹质含角砾晶屑凝灰岩	24.6		
5	浅灰色流纹质含角砾岩屑晶屑凝灰岩	24.6		
4	灰白色流纹质含角砾晶屑凝灰岩	16.4		
3	浅灰色流纹质含角砾岩屑晶屑凝灰岩	16.4		
2	灰白色流纹质含角砾晶屑凝灰岩	24.6		
1	浅灰色流纹质含角砾岩屑晶屑凝灰岩	16.4		

4.4 晚侏罗世玛尼吐期火山喷发旋回

玛尼吐期火山喷发旋回的火山产物为玛尼吐组,出露于研究区中部查尔干其敖瑞、南部乌罕那毛希高及东南部楚鲁敖包附近。本期火山活动较满克头鄂博期规模小、强度弱,火山活动方式以中心式为主。

玛尼吐期火山喷发旋回一般由 5~7 个火山喷发韵律组成。岩石类型为火山碎屑岩、熔岩、火山沉积岩或沉积岩交替出现,底部与下伏地层整合接触,向上依次出现火山沉积岩、熔岩、火山碎屑岩,指示此火山韵律为反韵律,火山活动由弱到强变化,按沉积岩或火山沉积岩-熔岩-火山碎屑岩的划分原则可以划分出 7 个韵律(表 6),第 I 韵律(1~5 层)为完整的间歇期-宁静溢流-爆发韵律,火山活动稳定,第 II 韵律(6~9 层)、第 III 韵律(10~11 层)、第 IV 韵律(12~14 层)均为宁静溢流-爆发韵律,火山活动较连续,第 V 韵律(15 层)仅为短暂溢流,之后第 VI 韵律(16~19 层)、第 VII 韵律(20~28 层)为间歇期-溢流韵律,显示火山活动较弱。因此该时期火山活动总体爆发强度较弱,以宁静溢流为主,至少经历了 7 次由弱至强的喷发过程。

表 6 晚侏罗世玛尼吐期火山喷发旋回韵律				
Tab.6 Rhythm of volcanic eruption cycles in Manitu				
Period of Late Jurassic				
层号	岩性	厚度/m	岩相	韵律
28	青灰色次安山岩	161.6	溢流相	Ⅶ
27	灰绿色安山岩	78.1		
26	灰紫色黑云母安山岩	70.2		
25	灰色安山岩	26.5		
24	紫色黑云母安山岩	92.8		
23	灰绿色安山岩	51.9		
22	灰黑色黑云母安山岩	21.2		
21	灰紫色黑云母安山岩	81.4		
20	砂质砾岩	24		
19	灰紫色黑云母安山岩	18.8	溢流相	Ⅵ
18	石英粗砂岩	63.3	沉积相	
17	灰紫色含砾砂岩	24.3		
16	灰紫色砾岩	20.21	溢流相	
15	灰绿色安山岩	76.1		V
14	灰绿色安山质含角砾岩屑晶屑凝灰岩	113.2	爆发相	Ⅳ
13	灰绿色安山质晶屑凝灰岩	5.2		
12	灰紫色安山岩	116.1	溢流相	Ⅲ
11	灰紫色安山质晶屑凝灰岩	98.2	爆发相	
10	灰紫色气孔杏仁状安山岩	19.2	溢流相	
9	灰紫色安山质晶屑凝灰岩	64.2	爆发相	Ⅱ
8	灰绿色安山岩	164.3	溢流相	
7	灰紫色黑云母安山岩	67.1		
6	灰绿色安山岩	19.7		
5	灰绿色安山质晶屑凝灰岩	67.2	爆发相	Ⅰ
4	灰褐色安山岩	22.3	溢流相	
3	深灰黑色黑云母安山岩	198.4		
2	深灰黑色安山岩	19.4		
1	浅绿色凝灰质砂砾岩	36.1	火山喷发 沉积相	

4.5 早白垩世白音高老期火山喷发旋回

白音高老期火山喷发旋回的火山产物为白音高老组火山岩,出露于研究区的西南部至一〇六七高地附近,火山活动强烈。

白音高老期火山喷发旋回一般由 3~5 个火山喷发韵律组成。以芒给尔特乌拉处破火山口的南东翼为例,岩石类型为火山(熔结)碎屑岩、熔岩、沉积岩交替出现,按火山碎屑岩或熔结碎屑岩-熔岩-沉积岩的周期划分为 5 个韵律(表 7),第 I 韵律(1 层)短暂溢流相流纹岩,第 II 韵律(2~12 层)为爆发相-溢流相韵律,火山活动连续,第 III 韵律(13~19 层)为爆发相-沉积相变化,指示此时动荡的火山活动特征,第 IV 韵律(20~39 层)和第 V 韵律(40~52 层)均为爆发相-溢流相变化韵律,火山活动进入稳定期,最终以潜火山岩为侵入标志结束了火山活动,说明该地区火山至少经历了 5 次

由强至弱的喷发过程。

表 7 早白垩世白音高老期火山喷发旋回韵律
Tab.7 Rhythm of volcanic eruption cycles in Baiyingaolao
Period of Early Cretaceous

层号	岩性	厚度/m	岩相	韵律
52	灰白色流纹岩	16.6	溢流相	
51	灰色流纹质晶屑熔结凝灰岩	23.8		
50	灰色流纹质岩屑晶屑熔结凝灰岩	21.5		
49	灰褐色流纹质晶屑熔结凝灰岩	34.0		
48	灰色流纹质岩屑晶屑熔结凝灰岩	17.0		
47	灰白色流纹质晶屑凝灰岩	38.6		
46	灰白色流纹质岩屑晶屑凝灰岩	9.0	爆发相	V
45	灰白色流纹质晶屑凝灰岩	18.4		
44	灰白色流纹质岩屑晶屑凝灰岩	9.2		
43	灰白色流纹质晶屑凝灰岩	18.4		
42	浅灰色流纹质晶屑凝灰岩	12.3		
41	灰白色流纹质岩屑晶屑凝灰岩	17.2		
40	浅灰色流纹质晶屑凝灰岩	10.4		
39	浅灰色流纹岩	11.1		
38	灰黄色流纹岩	5.6		
37	灰白色流纹岩	13.9	溢流相	
36	浅灰色流纹岩	5.6		
35	灰白色流纹岩	13.9		
34	灰白色流纹质含角砾岩屑晶屑熔结凝灰岩	12.5		
33	灰白色流纹质含角砾晶屑凝灰岩	12.5		
32	浅灰色流纹质含角砾岩屑晶屑凝灰岩	11.1		
31	灰白色流纹质含角砾晶屑凝灰岩	13.9		
30	浅灰色流纹质含角砾晶屑凝灰岩	16.7		
29	灰白色流纹晶屑熔结凝灰岩	16.7	IV	
28	灰黄色流纹质晶屑熔结凝灰岩	13.9		
27	灰褐色流纹质岩屑晶屑熔结凝灰岩	11.2		爆发相
26	灰白色流纹质晶屑熔结凝灰岩	24.5		
25	灰色流纹质岩屑晶屑熔结凝灰岩	20.1		
24	浅灰色流纹质晶屑凝灰岩	22.3		
23	灰白色流纹质岩屑晶屑熔结凝灰岩	17.9		
22	灰白色流纹质晶屑熔结凝灰岩	26.8		
21	灰白色流纹质岩屑晶屑熔结凝灰岩	31.2		
20	浅灰色流纹质晶屑熔结凝灰岩	22.3		
19	灰黄色含砾粗砂岩	17.9		
18	灰黄色含砾细砂岩	22.3		
17	灰黄色砂砾岩	19.1	沉积相	
16	灰绿色含砾细砂岩	26.7		
15	灰绿色含砾粗砂岩	19.1		III
14	灰白色流纹质岩屑晶屑凝灰岩	22.9	爆发相	
13	灰黄色流纹质晶屑凝灰岩	19.1		
12	灰白色流纹岩	30.5		
11	浅灰色流纹岩	22.9		
10	灰白色流纹岩	17.2	溢流相	II
9	浅灰色流纹岩	13.4		
8	灰黄色流纹岩	11.8		

续表				
层号	岩性	厚度/m	岩相	韵律
7	灰白色流纹质岩屑岩屑凝灰岩	21.3		
6	灰白色流纹质晶屑凝灰岩	27.3		
5	灰白色流纹质岩屑晶屑凝灰岩	22.8	爆发相	II
4	灰白色流纹质晶屑熔结凝灰岩	27.3		
3	灰白色流纹质岩屑晶屑熔结凝灰岩	12.6		
2	灰白色流纹质晶屑凝灰岩	19.0		
1	灰白色流纹岩	10.5	溢流相	I

4.6 早白垩世梅勒图期火山喷发旋回

在早白垩世早期大规模的火山活动之后,研究区又发生了短暂的火山活动,火山活动主要沿早期火山通道溢流形成梅勒图组安山岩,地貌多为正地形或高耸山脊坡,远观以似帽状产出,产状比较平缓。

该旋回的喷发韵律特征以梅勒图山处的破火山南东翼为例,主要为熔岩、火山碎屑岩交替沉积的岩石类型,按火山碎屑岩-熔岩的周期进行划分,共划分出 4 个韵律(表 8):第 I 韵律(1~14 层)、第 II 韵律(15~22 层)、第 III 韵律(23~24 层)和第 IV 韵律(25~30 层)均为短暂爆发后进入长时间的宁静溢流期,火山活动较弱,其中第 IV 韵律爆发与溢流中间经历了短暂间歇期,说明该地区火山至少经历了 4 次由强至弱的喷发过程,爆发指数较低,以溢流相熔岩为主。

表 8 早白垩世梅勒图期火山喷发旋回韵律
Tab.8 Rhythm of volcanic eruption cycles in Meiletu
Period of Early Cretaceous

层号	岩性	厚度/m	岩相	韵律
30	浅绿色安山岩	80.5	溢流相	
29	沉凝灰岩	12.8	火山喷发沉积相	
28	绿色安山岩	10.0		IV
27	灰紫色安山岩	16.9	溢流相	
26	灰黑色黑云安山岩	15.2		
25	灰色安山质晶屑凝灰岩	18.6	爆发相	
24	灰黑色黑云母安山岩	2.3	溢流相	III
23	灰紫色安山质晶屑凝灰岩	1	爆发相	
22	灰黑色黑云母安山岩	1.5		
21	灰色黑云母安山岩	1.6		
20	青灰色黑云母安山岩	23.8		
19	灰绿色多斑状安山岩	2.6	溢流相	II
18	青灰色黑云母安山岩	0.9		
17	灰绿色多斑状安山岩	0.8		
16	深灰色黑云母安山岩	12.6		
15	灰色安山质晶屑凝灰岩	3.2	爆发相	
14	深灰色黑云母安山岩	64.4		
13	黑色安山玄武岩	5.0	溢流相	I
12	深灰色黑云母安山岩	7.3		
11	黑色安山玄武岩	1.8		

续表			
层号	岩性	厚度/m	岩相
10	深灰色黑云母安山岩	2.7	I
9	灰绿色黑云母安山岩	16.4	
8	青灰色玄武安山岩	7.0	
7	灰色块状黑云母安山岩	6.1	
6	青灰色玄武安山岩	4.2	
5	灰黄色安山岩	3.3	
4	青灰色玄武安山岩	16.4	
3	灰绿色块状黑云母安山岩	2.8	
2	青灰色玄武安山岩	10.3	
1	棕绿色安山质晶屑凝灰岩	3.8	爆发相

5 讨论

大兴安岭地区火山岩具有独特的地理位置和复杂的构造演化历史,火山活动具有较复杂的穿时性^[14,33,42],同一套地层在不同地区的形成年龄往往存在区别。火山喷发旋回的划分不能简单按照构造-岩浆旋回或地层沉积旋回的划分方案,应反映出不同火山活动时期的火山构造特征和火山喷发产物特征。近年来,随着基础地质调查的不断开展及同位素测年的应用,大兴安岭地区组级地层单位的划分已趋于一致,因此大致按火山地层的组级单位划分相应旋回,有利于不同地区之间的火山喷发旋回对比,可以反映不同火山喷发旋回内火山岩性组合、岩石系列、岩相建造、火山活动及火山构造等特征。

根据上述火山喷发旋回划分方案,对不同旋回的喷发旋律进行研究,发现本区火山喷发旋回具有以下特征。

(1)中侏罗世表现为酸性火山喷发及少量中性熔岩的平静溢流;晚侏罗世表现为酸性火山碎屑岩的强烈爆发,并伴随有少量中酸性火山熔岩溢出;早白垩世早期早阶段表现为酸性火山碎屑岩的强烈爆发作用,早期晚阶段表现为中基性火山熔岩的平静溢流和短时间火山间歇期沉积。火山岩性总体呈3个酸性-中(基)性周期变化。

(2)各旋回火山活动方式均为中心式,火山机构平面为圆形、椭圆形及不规则状,长轴多呈NE向、NNE向或多向性。

(3)火山地层产状受火山机构影响,围绕火山口周围外倾或内倾,但宏观上喷发物总体沿NE向带状展布。新民期和塔木兰沟期的火山产物相伴产出,分布较局限,火山机构具有继承性;满克头

鄂博期和玛尼吐期的火山产物产于大兴安岭主脊两侧;白音高老期的火山产物主要沿主脊分布,地势一般较高;梅勒图期火山活动一般为继承性火口,喷发物较少,呈似帽状出于山顶。

(4)喷发产物以酸性火山岩为主的火山喷发旋回爆发相比较多,火山活动强烈,近火口的火山岩粒度较大,远离火口粒度逐渐变小,而以中性火山岩为主的火山喷发旋回以溢流相为主,夹短暂火山间歇期沉积,火山活动一般较弱。

(5)同一火山喷发旋回、不同火山机构的产物规模(即地层厚度)不等,但火山韵律、岩性和岩相特征及其反映出的火山活动特征具有可比性。

6 结论

(1)霍林河地区中生代火山岩发育,火山岩岩性较为齐全,可分为普通火山碎屑岩、熔结火山碎屑岩、熔岩、沉积火山碎屑岩和火山碎屑沉积岩、潜火山岩共6类。

(2)霍林河地区中生代火山岩岩相类型有爆发相、火山碎屑流相、火山爆发崩塌相、火山喷发沉积相、溢流相、火山颈相、侵出相及潜火山岩相共8类。

(3)霍林河地区中生代火山岩可划分为新民期、塔木兰沟期、满克头鄂博期、玛尼吐期、白音高老期、梅勒图期共6个火山喷发旋回,分别对应6个组级火山岩地层单元,不同火山喷发旋回具不同的韵律特征。

参考文献(References):

[1] 任纪舜,姜春发,张正坤,等. 中国大地构造及其演化[M]. 北京:科学出版社,1980:1-124.
Ren J S, Jiang C F, Zhang Z K, et al. Geotectonic Evolution of China[M]. Beijing: Science Press, 1980: 1-124.

[2] 孙德有,许文良,周燕. 大兴安岭中生代火山岩的形成机制[J]. 矿物岩石地球化学通讯,1994,13(3):162-164.
Sun D Y, Xu W L, Zhou Y, et al. Forming mechanism of the Mesozoic volcanic rocks in Da Hinggan Mountain, NE China[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 1994, 13(3): 162-164.

[3] 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 North-eastern China[J]. Tectonophysics, 2000, 328(1/2): 89-113.

[4] 孙卫东,凌明星,汪方跃,等. 太平洋板块俯冲与中国东部中生代地质事件[J]. 矿物岩石地球化学通报,2008,27(3):218-225.
Sun W D, Ling M X, Wang F Y, et al. Pacific plate subduction and Mesozoic geological event in Eastern China[J]. Bulletin of Miner-

- alogy, Petrology and Geochemistry, 2008, 27(3): 218–225.
- [5] 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.
Meng E, Xu W L, Yang D B, et al. Zircon U – Pb chronology, geochemistry of Mesozoic volcanic rocks from the Lingquan Basin in Manzhouli area, and its tectonic implications[J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27(4): 1209–1226.
 - [6] Xu W L, Pei F P, Wang F, et al. Spatial – temporal relationships of Mesozoic volcanic rocks in NE China: Constraints on tectonic overprinting and transformations between multiple tectonic regimes[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2013, 74: 167–193.
 - [7] 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.
Xu W L, Wang F, Pei F P, et al. Mesozoic tectonic regimes and regional ore – forming background in NE China: Constraints from spatial and temporal variations of Mesozoic volcanic rock associations[J]. Acta Petrologica Sinica, 2013, 29(2): 339–353.
 - [8] 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.
Zhang L, Liu Y J, Feng Z Q, et al. Basement structural features of Mesozoic volcanic basins in Erguna Massif: Implications from Lingquan Basin[J]. Earth Science, 2017, 42(12): 2229–2242.
 - [9] 林强, 葛文春, 孙德有, 等. 中国东北地区中生代火山岩的大地构造意义[J]. 地质科学, 1998, 33(2): 3–13.
Lin Q, Ge W C, Sun D Y, et al. Tectonic significance of Mesozoic volcanic rocks in Northeastern China[J]. Scientia Geologica Sinica, 1998, 33(2): 3–13.
 - [10] 葛文春, 林强, 孙德有, 等. 大兴安岭中生代玄武岩的地球化学特征: 壳幔相互作用的证据[J]. 岩石学报, 1999, 15(3): 396–406.
Ge W C, Lin Q, Sun D Y, et al. Geochemical characteristics of the Mesozoic basalts in Da Hinggan Ling: Evidence of the mantle – crust interaction[J]. Acta Petrologica Sinica, 1999, 15(3): 396–407.
 - [11] 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.
Meng F C, Liu J Q, Cui Y, et al. Mesozoic tectonic regimes transition in the Northeast China: Constraints from temporal – spatial distribution and associations of volcanic rocks[J]. Acta Petrologica Sinica, 2014, 30(12): 3569–3586.
 - [12] 张学斌, 周长红, 来林, 等. 锡林浩特东部早白垩世白音高老组岩石地球化学特征、LA – MC – ICP – MS 锆石 U – Pb 年龄及地质意义[J]. 地质与勘探, 2015, 51(2): 290–302.
Zhang X B, Zhou C H, Lai L, et al. Geochemistry and zircon U – Pb dating of volcanic rocks in eastern Xilin Hot, Inner Mongolia and their geological implications[J]. Geology and Exploration, 2015, 51(2): 290–302.
 - [13] 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.
Yang X P, Jiang B, Yang Y J. Spatial – temporal distribution characteristics of Early Cretaceous volcanic rocks in Great Xing'an range area[J]. Earth Science, 2019, 44(10): 3237–3251.
 - [14] 杨雅军, 杨晓平, 江斌, 等. 大兴安岭中生代火山岩地层时空分布与蒙古 – 鄂霍茨克洋、古太平洋板块俯冲作用响应[J]. 地学前缘, 2022, 29(2): 115–131.
Yang Y J, Yang X P, Jiang B, et al. Spatio – temporal distribution of Mesozoic volcanic strata in the Great Xing'an Range: Response to the subduction of the Mongol – Okhotsk Ocean and Paleo – Pacific Ocean[J]. Earth Science Frontiers, 2022, 29(2): 115–131.
 - [15] 周新华, 英基丰, 张连昌, 等. 大兴安岭晚中生代火山岩成因与古老地块物质贡献: 锆石 U – Pb 年龄及多元同位素制约[J]. 中国地质大学学报: 地球科学版, 2009, 34(1): 1–10.
Zhou X H, Ying J F, Zhang L C, et al. The Petrogenesis of Late Mesozoic volcanic rock and the contributions from ancient micro – continents: constraints from the zircon U – Pb dating and Sr – Nd – Pb – Hf isotopic systematics[J]. Earth Science – Journal of China University of Geosciences, 2009, 34(1): 1–10.
 - [16] 刘世伟. 大兴安岭地区中生代火山岩岩石地层的划分与对比问题[J]. 地质与资源, 2009, 18(4): 241–244.
Liu S W. Division and correlation of the Mesozoic volcanic rocks and strata in Daxinganling region[J]. Geology and Resources, 2009, 18(4): 241–244.
 - [17] 赵海玲, 邓晋福, 陈发景, 等. 中国东北地区中生代火山岩岩石学特征与盆地形成[J]. 现代地质, 1998, 12(1): 56–62.
Zhao H L, Deng J F, Chen F J, et al. Petrology of the Mesozoic volcanic rocks and the basin formation in the Northeast China[J]. Geoscience, 1998, 12(1): 56–62.
 - [18] 葛文春, 林强, 孙德有, 等. 大兴安岭中生代两类流纹岩成因的地球化学研究[J]. 中国地质大学学报: 地球科学版, 2000, 25(2): 172–178.
Ge W C, Lin Q, Sun D Y, et al. Geochemical research into origins of two types of Mesozoic rhyolites in Daxing'anling[J]. Earth Science – Journal of China University of Geosciences, 2000, 25(2): 172–178.
 - [19] 李世超, 徐仲元, 刘正宏, 等. 大兴安岭中段玛尼吐组火山岩 LA – ICP – MS 锆石 U – Pb 年龄及地球化学特征[J]. 地质通报, 2013, 32(2/3): 399–407.
Li S C, Xu Z Y, Liu Z H, et al. Zircon U – Pb dating and geochemical study of volcanic rocks in Manitu formation of central Da Hinggan Mountains[J]. Geological Bulletin of China, 2013, 32(2/3): 399–407.
 - [20] 邵济安, 赵国龙, 王忠, 等. 大兴安岭中生代火山活动构造背景[J]. 地质论评, 1999, 45(S1): 422–430.
Shao J A, Zhao G L, Wang Z, et al. Tectonic setting of Mesozoic volcanism in Da Hinggan Mountains, Northeastern China[J]. Geological Review, 1999, 45(S1): 422–430.
 - [21] 徐智涛, 李萌萌, 孙景贵, 等. 大兴安岭得耳布尔地区中侏罗世流纹岩成因及成岩地球动力学背景[J]. 吉林大学学报: 地

- 球科学版,2023,53(3):866–886.
- Xu Z T, Li M M, Sun J G, et al. Genesis and Diagenetic geodynamic background of Middle Jurassic rhyolites in Derbur area, Great Xing'an Range[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2023, 53(3): 866–886.
- [22] 秦涛. 大兴安岭中段晚中生代火山岩地球化学与岩石成因研究[D]. 长春: 吉林大学, 2022.
- Qin T. The Geochemical and Petrogenetic Studies on Late Mesozoic Volcanic Rocks in the Central Segment of Great Xing'an Range[D]. Changchun: Jilin University, 2022.
- [23] 王亚东, 姜山, 王之晟, 等. 大兴安岭南段工农屯地区上侏罗统玛尼吐组火山岩 U–Pb 年龄、地球化学特征及其成因[J]. 地质论评, 2023, 69(3): 973–986.
- Wang Y D, Jiang S, Wang Z S, et al. U–Pb age, geochemical characteristics and genesis of volcanic rocks from the Upper Jurassic Manitu formation in Gongnongtun area, southern Great Hinggan Mountains[J]. Geological Review, 2023, 69(3): 973–986.
- [24] 陈超, 吕新彪, 李杰, 等. 大兴安岭中段塔尔气地区中酸性火山岩成因及构造背景[J]. 地球科学, 2020, 45(12): 4446–4462.
- Chen C, Lü X B, Li J, et al. Petrogenesis and tectonic setting of intermediate–felsic volcanics in Ta'erqi area, central Great Xing'an Range[J]. Earth Science, 2020, 45(12): 4446–4462.
- [25] 李中会, 李睿杰, 李阳, 等. 大兴安岭满归地区变中酸性火山岩 LA–ICP–MS 锆石 U–Pb 年龄及其地质意义[J]. 中国地质调查, 2020, 7(1): 47–52.
- Li Z H, Li R J, Li Y, et al. LA–ICP–MS zircon U–Pb ages and geological significance of the meta–intermediate–acidic volcanic rocks in Mangui area of Da Hinggan Mountains[J]. Geological Survey of China, 2020, 7(1): 47–52.
- [26] 张超. 大兴安岭南段巴林左旗–扎鲁特旗地区晚中生代岩浆作用及其构造背景[D]. 长春: 吉林大学, 2020.
- Zhang C. Late Mesozoic Magmatism and Tectonic Setting of Bairin Left Banner–Jarud Banner Area in the Southern Great Xing'an Range[D]. Changchun: Jilin University, 2020.
- [27] 王忠, 朱洪森. 大兴安岭中南段中生代火山岩特征及演化[J]. 中国区域地质, 1999, 18(4): 351–358, 372.
- Wang Z, Zhu H S. Temporal and spatial evolution of the Mesozoic volcanism in mid–southern Daxinganling Mountain[J]. Regional Geology of China, 1999, 18(4): 351–358, 372.
- [28] 尹志刚, 张跃龙, 杨晓平, 等. 大兴安岭北部中生代火山岩特征及岩浆演化[J]. 世界地质, 2006, 25(2): 120–128.
- Yin Z G, Zhang Y L, Yang X P, et al. Characteristics of Mesozoic volcanic rocks and magma evolution in northern Daxinganling[J]. World Geology, 2006, 25(2): 120–128.
- [29] 何雨粟, 李小强, 杨国林, 等. 内蒙古阿巴嘎旗北部侏罗纪火山岩地质特征与喷发旋回[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2014, 50(2): 161–167.
- He Y L, Li X Q, Yang G L, et al. Geological characteristics and eruption cycle partition of Jurassic volcanic rocks from northern Abagaqi, Inner Mongolia[J]. Journal of Lanzhou University (Natural Sciences), 2014, 50(2): 161–167.
- [30] 张顺新, 黄新华, 刘伟, 等. 大兴安岭中段央格力雅山火山喷发盆地火山活动旋回和构造特征[J]. 现代矿业, 2022, 38(6): 42–46, 50.
- Zhang S X, Huang X H, Liu W, et al. Volcanic activity cycles and volcanic structure characteristics of Yanggeliya Eruption Basin, central Great Xing'an Range[J]. Modern Mining, 2022, 38(6): 42–46, 50.
- [31] 石好果, 林会喜. 准中 4 区块侏罗系储层成岩及油气充注特征研究[J]. 特种油气藏, 2017, 24(6): 18–22.
- Shi H G, Lin H X. Study on the characteristics of Jurassic reservoir diagenesis and hydrocarbon filling in middle 4 block of Jungar Basin[J]. Special Oil and Gas Reservoirs, 2017, 24(6): 18–22.
- [32] 邢光福. 中国东部中生代陆缘弧盆系大地构造图说明书(1:2 500 000)[M]. 北京: 地质出版社, 2016.
- Xing G F. Explanatory Note to the Mesozoic–Cenozoic Tectonic Map of Continental Marginal Arc–Basin Systems of China (1:2 500 000)[M]. Beijing: Geology Press, 2016.
- [33] 赵国龙, 杨桂林, 傅嘉友, 等. 大兴安岭中南部中生代火山岩[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1989.
- Zhao G L, Yang G L, Fu J Y, et al. Mesozoic Volcanic Rocks in the Middle South Great Xing'an Range[M]. Beijing: Beijing Science and Technology Press, 1989.
- [34] 杨海星, 高利东, 高玉石, 等. 内蒙古霍林河地区晚石炭世本巴图组火山岩年代学、地球化学特征及构造背景[J]. 中国地质, 2020, 47(4): 1173–1185.
- Yang H X, Gao L D, Gao Y S, et al. The chronology, geochemical characteristics and tectonic setting of the volcanic rocks in the Benbatu formation of Huolinhe area, Inner Mongolia[J]. Geology in China, 2020, 47(4): 1173–1185.
- [35] 谢家莹, 徐忠连. 括苍山地区中生代火山旋回划分[J]. 中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊, 1988, (2): 68–80.
- Xie J Y, Xu Z L. Mesozoic Volcano–Active Cycle and Feature in Kuochangshan District Zhejiang[J]. Bull. Nanjing Inst. Geol. M. R., Chinese Acad. Geol. Sci., 1988, (2): 68–80.
- [36] 尹家衡, 黄光昭. 中国东南沿海中、新生代火山旋回[J]. 火山地质与矿产, 1997, 18(3): 167–190.
- Yin J H, Huang G Z. Mesozoic–Cenozoic volcanic cycles of southeast coast of China[J]. Volcanology & Mineral Resources, 1997, 18(3): 167–190.
- [37] 柳青. 地层、地层单位及其表示方法[J]. 科技与出版, 2011(10): 50–51.
- Liu Q. Strata, stratigraphic units and their representation methods[J]. Technology and Publishing, 2011(10): 50–51.
- [38] 高利东, 杨海星, 隋海涛, 等. 1:50 000 包尔呼吉尔塔拉等 8 幅区域地质调查报告[R]. 2019.
- Gao L D, Yang H X, Sui H X, et al. 1:50 000 Regional Geological Survey Report of Baoerhujertala and Other 4 Regional[R]. 2019.
- [39] 杨海星, 赵胜金, 柳志辉, 等. 大兴安岭中南段满克头鄂博组正层型剖面火山岩年代学及地球化学特征[J]. 世界地质, 2023, 42(2): 213–229.

Yang H X,Zhao S J,Liu Z H,et al. Geochronological and geochemical characteristics of orthostratigraphic section volcanic rocks of Manketouebo formation in south – central sector of Great Xing'an Range[J]. World Geology,2023,42(2):213 – 229.

[40] 杨海星,高利东,高玉石,等. 大兴安岭中南段罕山林场地区玛尼吐组安山岩年代学、地球化学特征及其地质意义[J]. 地质与勘探,2019,55(5):1223 – 1240.

Yang H X,Gao L D,Gao Y S,et al. Geochronology and geochemistry of the andesites from the Manitu formation in the Hanshanlinchang area, central – southern Daxinganling Mountains and their geological implications [J]. Geology and Exploration, 2019, 55(5):1223 – 1240.

[41] 杨海星,高利东,高玉石,等. 大兴安岭中南段梅勒图组层型剖面锆石 U – Pb 年龄、地球化学特征及其地质意义[J]. 地质通报,2019,38(5):845 – 857.

Yang H X,Gao L D,Gao Y S,et al. Zircon U – Pb age and geochemistry of the stratotype section of the Meiletu formation in middle southern Da Hinggan Mountains and its geological significance[J]. Geological Bulletin of China,2019,38(5):845 – 857.

[42] 周其林,王献忠,吉峰,等. 大兴安岭中生代火山岩地层对比[J]. 地质论评,2013,59(6):1077 – 1084.

Zhou Q L,Wang X Z, Ji F, et al. Corresponding relations of Mesozoic volcanic formations in the Da Hinggan Mountains [J]. Geological Review,2013,59(6):1077 – 1084.

Volcanic eruption cycles division and characteristics in Huolinhe area of the central and southern Greater Khingan Mountain

LIU Yonggao

(Inner Mongolia Tenth Geological Mineral Exploration and Development Co. ,Ltd. , Inner Mongolia Chifeng 024000, China)

Abstract: Huolinhe area in the central and southern Greater Khingan Mountain has experienced strong volcanic activities since Mesozoic Era, and widely distributed intermediate acidic volcanic rocks were formed from Middle Jurassic to Early Cretaceous, which is a desirable area for evolution characteristics research of volcanic eruption during Mesozoic Era. The triple mapping method of “volcanic lithology and lithofacies, volcanic structure, and rock strata” was used in Huolinhe area to summarize and analyze the lithology, lithofacies, volcanic eruption cycles, and rhythmic characteristics. The result shows that the types of exposed rock types in this area can be divided into six categories, including ordinary pyroclastic rocks, fused pyroclastic rocks, lava, sedimentary pyroclastic rocks and pyroclastic sedimentary rocks, and latent volcanic rock. And there are eight types of lithofacies, including explosive facies, pyroclastic flow facies, volcanic eruption collapse facies, overflow facies, volcanic eruption sedimentary facies, volcanic neck facies, intrusive facies, and subvolcanic lithofacies. The volcanic activity in this area can be divided into six volcanic eruption cycles: Xinmin period ($(163.7 \pm 1.7) \sim (160.0 \pm 4.0)$ Ma), Tamulangou period ($(164.2 \pm 4.1) \sim (159.7 \pm 2.7)$ Ma), Manketouebo period ($(163.4 \pm 1.3) \sim (157.0 \pm 1.1)$ Ma), Manitu period ($(151.4 \pm 2.6) \sim (144.0 \pm 2.8)$ Ma), Baiyingaolao period ($(141.7 \pm 1.3) \sim (128.6 \pm 1.4)$ Ma), and Meiletu period ($(133.4 \pm 1.5) \sim (127.7 \pm 1.4)$ Ma), corresponding to the six volcanic rock stratigraphic formation. Volcanic activity was unstable in Huolinhe area during Middle Jurassic. A small amount of acidic volcanic debris erupted and were accompanied by many intermittent periods, followed by mainly calm overflow of neutral lava in the late phase. There was a strong eruption of acidic volcanic clastic rocks during Late Jurassic, accompanied by a small amount of medium acidic volcanic lava overflow. In the early stages of Early Cretaceous, the early stage volcanic activities were characterized by strong eruption of acidic volcanic clastic rocks, and the late stage volcanic activities were characterized by calm overflow of medium basic volcanic lava. The volcanic activities in this area could represent the characteristics of the eruption cycles of Mesozoic volcanic rocks in the central and southern Greater Khingan Mountain. Therefore, the research result is of great significance to the reasonable division of the eruption cycles of Mesozoic volcanic rocks in the central and southern Greater Khingan Mountain, and could help promote in – depth comparative studies of volcanic rock combinations, volcanic activity characteristics, lithofacies construction, and volcanic stratigraphy in different regions.

Keywords: volcanic mapping; volcanic eruption cycle; rhythm; volcanic structure; lithology; lithofacies
(责任编辑：魏昊明)