

文章编号: 1006-6616(2001)04-0359-09

大兴安岭呼中火山岩区中生代 古构造应力场初探

赵书跃, 孙广瑞, 赵 杰, 李 凯, 朱春燕

(黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院, 黑龙江 齐齐哈尔 161005)

摘 要: 大兴安岭火山岩带北段呼中火山岩区, 在中-晚侏罗世时期, 最大主压应力轴方向为 $NW266^{\circ} \sim 316^{\circ}$, 早白垩世最大主压应力轴为 $NE12^{\circ} \sim 50^{\circ}$, 显示侏罗纪与白垩纪应力场的应力状态是截然不同的, 但都处于拉张环境下。中-晚侏罗世由于 $NNE-SSW$ 向的拉伸应力场的作用, 在本区北部发生构造岩浆活动, 形成了上黑龙江断陷盆地如 NWW 向展布的劲涛-蒙克山中基性火山喷发带, 派生的 NEE 向张扭性应力使前中生代基底构造重新活动, 形成大面积火山喷发。而早白垩世在 $NE-SW$ 向拉伸应力场作用下, “额尔古纳地块”东部形成拗陷带, 火山基底构造为 $NE-NNE$ 向。

关键词: 大兴安岭; 中生代; 古构造应力场; 火山岩带

中图分类号: P588.14

文献标识码: A

1 地质背景

呼中火山岩区位于大兴安岭火山喷发带北段。重力资料表明, 大兴安岭火山喷发带为额尔古纳地块东部隆起带, 上黑龙江断陷盆地在北部呈 NWW 向带状展布(图1)。燕山运动以来, 伴随强烈的火山喷发, 形成了丰富的多金属矿床。

区内出露的地层可分为三个构造层: 下构造层由中元古界兴华渡口群中深变质岩系、新元古一早古生界倭勒根岩群中浅变质岩系、下石炭统洪水泉组(C_1h)浅变质砂岩和泥岩所组成, 与其上覆构造层呈不整合接触; 中构造层由绣峰组(J_2x)和二十二站组(J_2er)湖、河相碎屑沉积地层构成; 上构造层为上侏罗统塔木兰沟组(J_3t)、吉祥峰组(J_3j)及下白垩统木瑞组(K_1m)、上库力组(K_1s)和伊列克得组(K_1y)火山地层组成(图2)。

中生代火山地层(J_3-K_1)由西向东、自北向南分布范围逐渐扩大, 且有 NWW 向 $NNE-NE$ 向带状分布的特征, 形成三条次级火山喷发带, 即 NWW 向展布的劲涛-蒙克山火山喷发带、 NE 向展布的长山林场-嘎来奥山火山喷发带和盘古-呼中火山喷发带。

中生代中酸性岩浆侵入活动局限于南部。早白垩世晚期, 岩浆活动减弱, 在北部上黑龙

收稿日期: 2001-05-22

基金项目: 国家基础地质调查(1996130000704)浅覆盖区1:25万(呼中镇幅)区调成果

作者简介: 赵书跃(1960—), 男, 高级工程师, 1982年毕业于长春地质学院地质系, 从事区域地质调查工作。

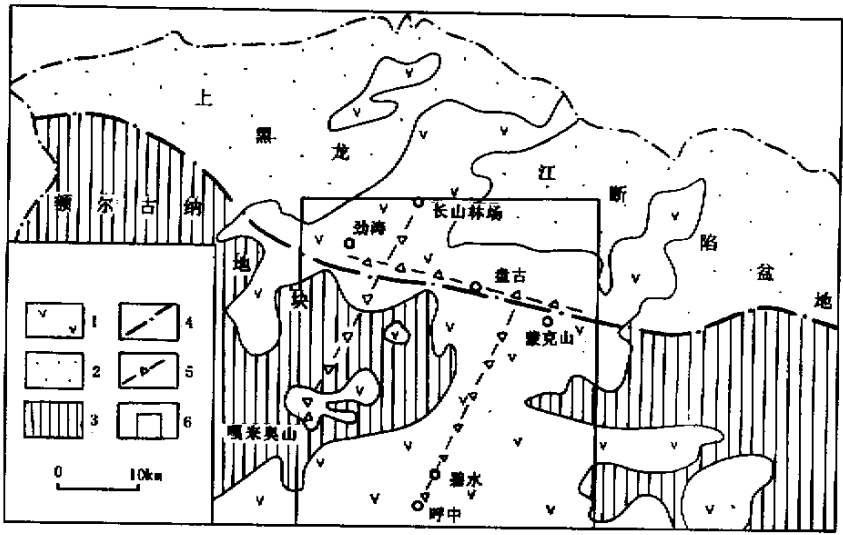


图 1 大兴安岭北段大地构造略图

Fig.1 Tectonic sketch map of the northern part of Dahinganling mountains

- 1. 中生代火山岩; 2. 中侏罗世陆源碎屑沉积岩; 3. 前中生代基底;
- 4. 构造单元界线; 5. 次级火山岩带; 6. 1:25万呼中镇幅工作区

江断陷盆地有中酸性岩浆侵入，形成零星分布的岩株，南部呼中区附近偏碱性酸性岩浆侵入形成滚兔岭独立侵入体 (K_1Gt)。岩浆侵入活动总体表现为南强北弱，岩浆具有中偏基 - 中偏酸 - 偏碱酸性的演化规律。

2 中生代构造基本特征

本区位于天山兴安区，即西伯利亚板块南缘准噶尔 - 兴安活动带^[1]内，构造岩浆活动比较活跃，兴华渡口岩群中深变质基底呈孤岛状或残块状，为变质深成侵入体和早加里东期花岗岩所吞噬，晚古生代中浅变质基底以浅部构造相的顺层韧性剪切和脆韧性变形为特征，区域上见协调开阔褶皱，上黑龙江断陷盆地内同生沉积断裂发育，中生代火山构造以断裂极其发育为特征，不同构造单元内有不同的构造格局。

通过对区域地质资料：1:20万与1:100万重力资料、1:25万TM卫片、1:50万MSS卫片、1:5万航磁及1:25万航片资料的综合研究，对不同方向断裂分别叙述如下。

2.1 NWW - 近 EW 向断裂

NWW - 近 EW 向断裂，主要深断裂分布在北部，分别为 NWW 向的劲涛 - 蒙克山深断裂 (F_2) 和近 EW 向的小白嘎拉山 - 盘中深断裂 (F_1)，区内长 80km ~ 100km。 F_2 断裂为上黑龙江断陷盆地的南部盆缘断裂，对上黑龙江断陷盆地的形成及劲涛 - 蒙克山火山喷发带的火山活动起控制作用。 F_1 断裂为上黑龙江断陷盆地的同生沉积断裂，也是区内盘古 - 呼中火山喷发带的北部边界断裂。该方向的同序次断裂对区内晚期侵入岩和北部的成矿活动可能起控制作用，北部广泛分布的砂金矿可能与该断裂同序次断裂形成的原生矿化有关。该组断裂早期活动使岩石强烈破碎，且有岩脉及矿脉充填，根据地球物理资料，有左旋扭动。晚期活动使岩石破碎、片理化，有压性表现。

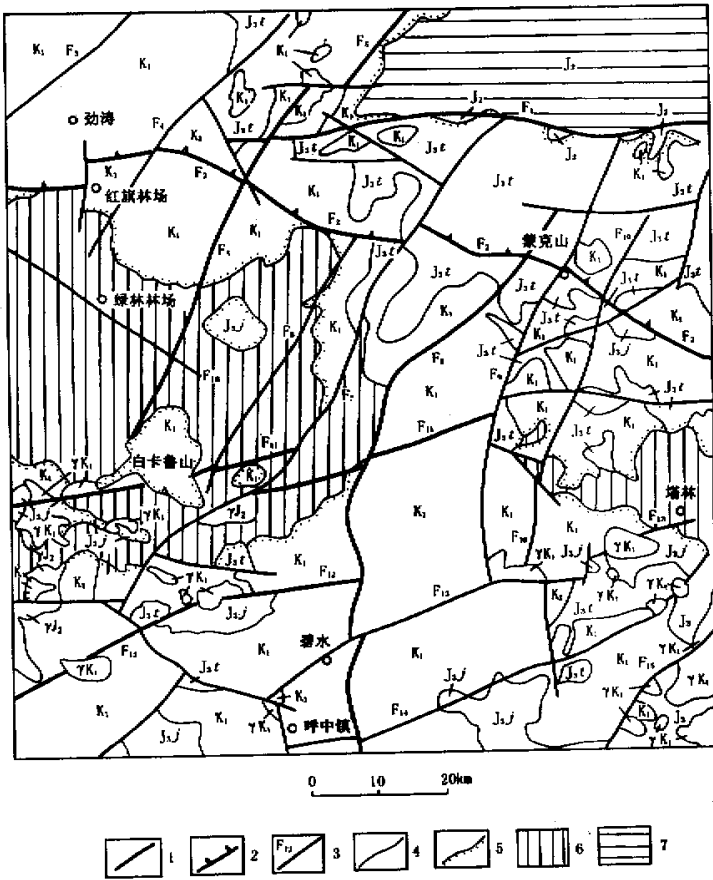


图 2 呼中镇幅中生代构造纲要略图

Fig.2 Mesozoic tectonic sketch map of Huzhong Town

K₁. 下白垩统; J_{3t}. 上侏罗统塔木兰沟组; J_{3j}. 上侏罗统吉祥峰组; J₃. 上侏罗统;
 J₂. 中侏罗统绣峰组与二十二站组; γK₁. 早白垩世侵入岩; γJ₂. 中侏罗世侵入岩;
 1. 区域性断裂及深断裂; 2. 上黑龙江盆地盆缘断裂; 3. 断裂及编号; 4. 地质界线;
 5. 不整合界线; 6. 前中生代基底; 7. 上黑龙江断陷盆地

2.2 NE - NNE 向断裂

NE - NNE 向断裂, 主要为勃涛 - 蒙克山一带呈 NE - NNE 向分布的 F₃ ~ F₁₀ 断裂组。该组断裂呈 NE20° ~ 40° 方向延伸, 区内长 15km ~ 100km, 切割基底, 控制断块活动。其中长山林场 - 白卡鲁山断裂 (F₅)、蒙克山 - 碧水断裂 (F₈) 为区内的深断裂, 对区内二条 NE 向次级火山岩带的岩浆活动起主要控制作用。该组断裂在早白垩世进入活跃阶段, 形成大规模的火山喷溢活动。1997 年发生在 F₉ 断裂 (阿吉羊河断裂) 附近的 4.2 级地震^[2], 说明该组断裂近代仍有活动。断裂性质为高角度正断层, 根据前中生代变质基底中的同向韧性剪切带, 先期为压剪性, 燕山早期转变为张性, 伴随有大规模火山活动。从 F₇ 断裂两侧的兴华渡口岩群、前寒武纪侵入岩、中生界火山地层等呈不对称分布, 显示该组断裂有左旋扭动。

2.3 NEE 向断裂

NEE 向断裂, 主要有白卡鲁山断裂 (F_{11})、碧水断裂 (F_{12})、呼玛河断裂 (F_{13})、呼中镇 NEE 向断裂 (F_{14}) 和干部河断裂 (F_{15})。断裂呈 $NE30^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 方向延伸, 区内长 50km ~ 70km, F_{11} 与 F_{12} 为区内深断裂。该组断裂控制本区白卡鲁山以南的火山活动及东部和西南部的岩浆侵入。 F_{11} 在前中生代基底中表现为韧性断层, 表明该组断裂先期呈压剪性, 燕山期沿断裂有多期构造岩浆活动, 表现为张剪性, 为高角度正断层, 具有多阶段活动的特点, 且被 NNE 向断裂切断。

2.4 NW 向断裂

多位于本区西部, 其代表性断裂为绿林林场 NW 向断裂 (F_{16})、卡马兰河断裂 (F_{17}), 区内长 25km ~ 40km, 呈 $NW300^{\circ} \sim 310^{\circ}$ 方向延伸。断裂平直, 切割基底地层和火山岩系, 也切割 NE 和 NEE 向断裂, 断裂性质为压剪性, 燕山晚期活动显示张性特征。从白卡鲁山南多金属矿化呈 NW - NWW 向分布这一特点, 与此平行的次一级断裂带可能是主要储矿构造。

呼中地区的基底褶皱构造位于区内前中生代的基底内, 由于断裂的破坏, 使原始褶皱性质不清。

3 中生代构造应力场特征

鉴于本区火山基底断裂多被第四系和火山岩覆盖的这一特点, 在 1:25 万区调过程中, 采用地质与物探、遥感等方法综合确定基底断裂的分布, 再根据小构造与大构造的配套关系, 对全区的节理系统地进行测量和研究, 来恢复古构造应力场, 以判断基底断裂发生、发展的力学机制。

在节理研究过程中, 对不同构造层按一定密度布置观察点, 进行节理观察和测量。各点节理数据采用吴氏网上半球投影, 求出主压应力轴 (σ_1), 主张应力轴 (σ_3) 和中间应力轴 (σ_2), 编制全区构造应力场主压应力轨迹图 (图 3)。

全区共选取 39 个节理观测点, 分组作图计算结果, 归并为 5 套节理系统, 统计结果与应力场的划分见表 1。

表 1 中生代应力场划分及剪切节理统计结果表

Table 1 Classification of Mesozoic stress field and shear joint statistics

节理统计数据 应力场分区	节理观测点数/个			主压应力轴 (σ_1) 方位/ $^{\circ}$			主张应力轴 (σ_3) 方位/ $^{\circ}$		
	总数	基底地层	火山岩系	总体方位	基底地层	火山岩系	总体方位	基底地层	火山岩系
NW - SE 向拉伸应力场	13	7	6	25	24	29	114	109	124
NEE - SN 向侧向拉伸应力场	10	5	5	289	286	293	199	194	203
SN 向挤压应力场	4	4		351	351		255	255	
NEE 向扭应力场	10		10	61		61	147.4		147.4
晚期 SN 挤压应力场	2	1	1	9	14.5	3.5	106	117.5	94

注: 基底地层包括上黑龙江断陷盆地中生代沉积地层, 火山岩系包括少量同期侵入岩。

表 1 反映出本区火山岩系与基底岩层中应力场是一致的, 主压应力轴 (σ_1) 轨迹线可以相连, 表明火山盖层与基底构造层是在同一方向的区域构造应力场作用下发生形变的, 显示出火山岩盖层中的构造继承了基底的构造。

3.1 NEE - SN 向侧向拉伸应力场

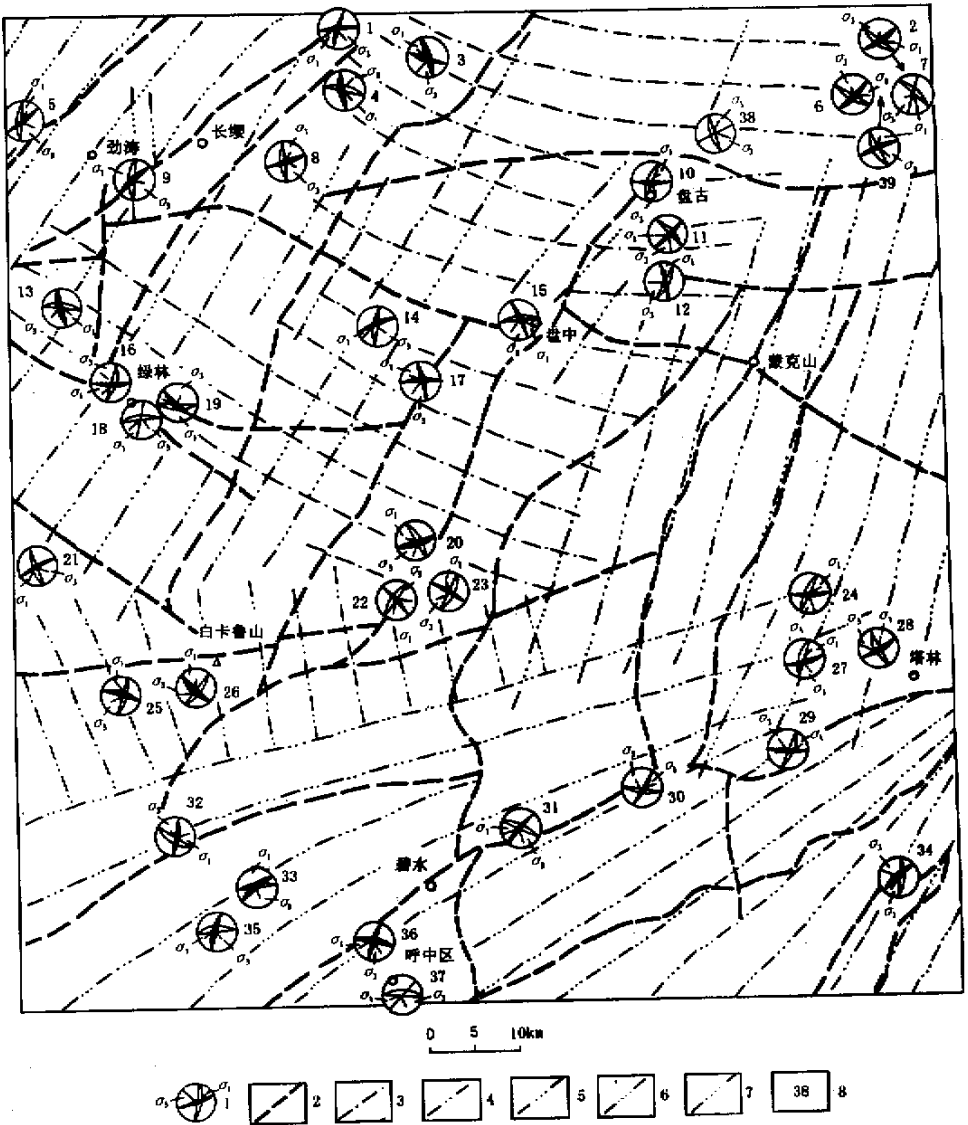


图 3 中生代构造应力场图

Fig.3 Map showing Mesozoic tectonic stress field

1. 节理图解 (吴氏网上半球投影) 大圆表示区域性平面 X 节理, σ_1 表示各期区域构造应力场主压应力方向; σ_3 表示各期区域构造应力场主张应力方向;
2. 综合方法 (重磁、遥感影像及构造形迹) 厘定的区域性火山基底断裂;
3. NEE-SN 构造应力场主压应力轨迹线;
4. SN 构造应力场主压应力轨迹线;
5. NNW-SE 向构造应力场主压应力轨迹线;
6. NW-SE 构造应力场主压应力轨迹线;
7. 局部 SN 构造应力场主压应力轨迹线;
8. 节理观测点编号

区内额尔古纳地块北部前中生代基底, 上黑龙江断陷盆地内中侏罗统陆源碎屑沉积地层与上侏罗统塔木兰沟组 (J_3t) 火山岩层中的节理统计结果, 反映中晚侏罗世在本区绿林林场中元古代地块北部存在侧向拉伸构造应力场。依据与主压应力轨迹线同向展布的区域性断

裂 F_1 、 F_2 及上黑龙江断陷盆地与劲涛 - 蒙克山中基性火山喷发带, 该期节理形成于早一晚侏罗世。

应力场要素:

主压应力轴 (σ_1) $266^\circ \sim 316^\circ$;

主张应力轴 (σ_3) $166^\circ \sim 225^\circ$;

中间应力轴 (σ_2) 陡倾—近直立。

从应力场主压应力轴轨迹看 (图 3), 主压应力轴轨迹线向 NWW 方向收敛, 反映应力场有左旋扭动, 中间应力轴陡倾, 说明主张应力与主压应力是近水平方向的。NNE - SSW 向侧向拉伸应力场与形成上黑龙江断陷盆地构造环境相吻合。综合厘定的上黑龙江断陷盆地南部盆缘断裂 (F_2) 与同呈 NWW 向展布的劲涛 - 蒙克山火山喷发带, 表明中晚侏罗世本区始终处于拉张环境。

3.2 近 SN 向挤压应力场

本区额尔古纳地块南白卡鲁山附近, 节理测量统计结果, 反映该区域存在局部近 SN 向挤压应力场。该应力场是由 NNE - SSW 向拉伸应力场派生出来的次级构造应力场, 因而仅限于本区白卡鲁山一线, 位于白卡鲁山南部的 NEE 向韧性剪切带 (F_{11}) 的形成, 与该应力场有关。

应力场要素:

主压应力轴 (σ_1) $335^\circ \sim 3^\circ$;

主张应力轴 (σ_3) $241^\circ \sim 247.5^\circ$;

中间应力轴 (σ_2) 倾角 $54^\circ \sim 65^\circ$ 。

从应力场应力轴轨迹看, NEE 向断裂 (F_{11}) 与主压应力轴近垂直, 反映为近 SN 向挤压而成的压剪性断裂。中间应力轴陡倾, 说明主压应力接近水平, 但还有断块掀斜活动, 因而白卡鲁山北部额尔古纳地块处于隆升环境。

3.3 NNW - NW 向侧向拉伸应力场

区内白卡鲁山南部, 尤以呼玛河以南大面积分布的中生代火山地层中节理测量结果, 主压应力迹线呈 NEE - NE 向展布, 显示出统一的应力场特征。

应力场要素:

主压应力轴 (σ_1) 23.5° (一个点) $\sim 52.5^\circ \sim 79.5^\circ$;

主张应力轴 (σ_3) 116° (一个点) $\sim 140.5^\circ \sim 166^\circ$;

图 3 表明该应力场主压应力轴轨迹线向 NE 方向收敛, 有右旋扭动特征。一系列 NEE 向断裂与主压应力轴平行或近平行, 显示断裂性质为张扭性。区内及邻区零星出露的下石炭统洪水泉组 (C_1h) 地层显示, 晚古生代褶皱带主体位于本区白卡鲁山 - 塔林以南, 构造线为 NE 向, 据此推测, 本区南部火山岩基底断裂继承了前中生代的断裂。

3.4 NW - SE 拉伸应力场

在本区中部基底与区内白卡鲁山 - 塔林以北大面积分布的早白垩世上库力组 (K_2s) 伊列克得组 (K_2y) 火山地层中, 节理统计结果显示在早白垩世, 本区处于 NW - SE 向拉伸构造环境。

应力场要素:

主压应力轴 (σ_1) $12^\circ \sim 50^\circ$;

主张应力轴 (σ_3) $90^\circ \sim 144^\circ$;

中间应力轴倾角 $34^{\circ} \sim 81^{\circ}$ ，以陡倾为主。

应力场的主压应力轨迹线分布特征显示，该应力场叠加在前述各应力场之上。强烈的拉伸使晚侏罗世 NW - SE 向挤压应力形成的 NE 向压剪性断裂转变为张扭性，或新生 NNE - NE 向断裂系，形成大规模的火山喷发。

区内节理统计结果还表明，本区北部还存在局部 SN 向挤压应力场，但分布局限，反应构造活动相对较弱，为燕山晚期的构造活动的应力场。

4 形成机制探讨

表 1 中节理统计结果与图 3 显示，本区构造应力场从南到北有明显不同，具体表现在不同构造单元之内及其接合部位，主压应力轨迹线方向发生改变，在额尔古纳地块内则表现为多期构造应力场叠加特征。

值得提出的是，本区各构造应力场的主压应力轨迹线与区内 1:20 万重力布格异常图中的 NWW - EW 向、NE - NNE 向、NEE - NE 向重力梯级带走向一致，位置相近。这种相似性不能说是偶然的巧合，必有其内在的联系，是区内深部构造的存在与构造岩浆活动的反映。

本区中生代构造岩浆演化从早、中侏罗世—早白垩世。形成于早、中侏罗世的上黑龙江断陷盆地，在区域上呈 NWW 向展布，这与本区北部的侧向拉伸应力场的构造环境相吻合，表明此时本区应力场处于 NNE - SSW 向拉伸状态，主压应力轨迹线呈 NWW - EW 向。“侏罗纪构造应力场的最大主压应力轴是以平缓的 NWW - SEE 向为特征，它是由于欧亚板块相对南移，古太平洋和库拉板块向北位移的左行剪切活动所形成的。^[3]。因此，NNE - SN 向侧向拉伸应力场应代表本区侏罗纪的构造环境，为区域性主应力场，但此时本区前中生代基底，额尔古纳地块处于相对稳定状态，对其 NNE - SSW 向拉伸应力形成相对阻碍，致使地块南部白卡鲁山附近派生出近 SN 向挤压应力场，该应力场的形成使 NNE - SN 向区域应力场主压应力轴方向在白卡鲁山南部发生扭转成 NEE - NE 向，向 NE 方向收敛，形成右旋扭动（图 4a），白卡鲁山南部基底，晚古生代褶皱带中先存的压剪性基底断裂复活并转变为张剪性，由于断层的多次活动，使其沿走向和垂向上不断扩展，并伴有中基性 - 中酸性岩浆侵入和喷出。而此时本区北部在 NNE - SSW 向拉伸应力作用下，NWW 向断裂持续性活动形成深大断裂，导致中基性火山喷发，形成劲涛 - 蒙克山火山喷发带。

早白垩世本区主压应力轨迹线呈 NE - NNE 向（图 4b），与大兴安岭 NE 向火山喷发带走向一致。重力资料表明，额尔古纳地块东部存在 NE 向基底拗陷带，因此简单地认为本区 NNE - NE 向断裂带中的岩浆活动是 NNE - SSW 向侧向拉伸应力场形成的压剪性断裂的应力松弛，有一定的局限性。万天丰等^[3]认为：中国侏罗纪和白垩纪的应力状态和形成机制是不同的，白垩纪—始新世构造应力场最大主压应力轴呈 NNE 向，并根据古地磁资料认为该构造应力场形成与印度 - 澳大利亚板块开始向北偏东方向的运移、推挤有关。本区白垩纪构造环境是区域应力场发生突变的结果，强烈的 NW - SE 向拉伸应力使基底中形成一系列 NE - NNE 向张性断裂带。并使基底中的 NNE - NE 向压剪性断裂改变成张扭性。断裂构造中岩浆活动形成大规模火山喷发，奠定了大兴安岭火山喷发带北段末端的格局。

近年来，有学者认为东北地区中生代火山活动属于伊佐奈崎（Izanagi）板块俯冲作用有关的挤压造山（赵海玲等），即“晚侏罗世 NE 向大兴安岭火山岩带主要为挤压造山，早白垩世由于造山带的崩塌阶段产生了由挤压背景转向拉伸^[4]。本区晚侏罗世花岗岩成因属造

山晚期 I 型花岗岩, 早白垩世滚兔岭独立侵入体成因属造山期后拉伸背景下形成的钙碱性 A 型花岗岩。这种成因类型的差异所反映的构造背景似乎支持这种观点, 但规模庞大的大兴安岭火山岩带的形成能否仅仅用造山带的崩塌来解释。晚侏罗世, 主压应力轴同方向的构造应力场为何在本区表现为拉张环境, 上黑龙江断陷盆地仅在中国境内长约 330km, 尚不包括俄罗斯远东地区, 其盆地的规模不可能简单解释为挤压环境中的局部拉伸应力场形成的。

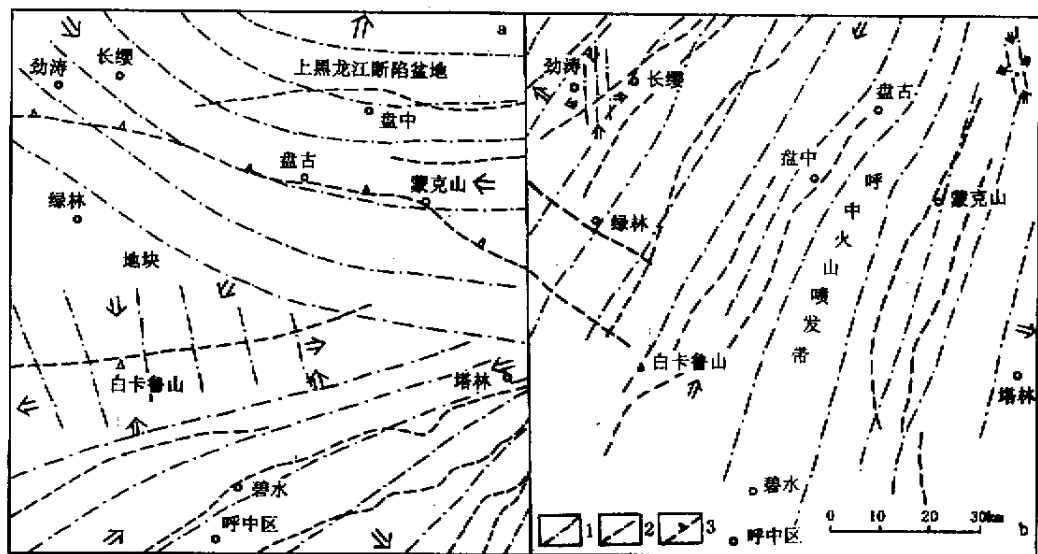


图 4 呼中区燕山早—中期 (a) 和燕山晚期 (b) 构造应力场图示

Fig.4 Map showing Early-Middle (a) and Late (b) Yanshanian tectonic stress field in Huzhong area

1. 应力场主压应力迹线; 2. 综合方法厘定的火山基底断裂; 3. 上黑龙江断陷盆地盆缘断裂

综上所述, 虽然对中国东部侏罗纪与白垩纪的构造环境及大兴安岭火山岩带的形成机制有多样性的解释^[3,4], 但就本区而言, 中—晚侏罗世与早白垩世的应力状态是不同的, 现有资料显示为二期区域应力场, 且始终处于拉张环境。

早白垩世以后, 本区可能处于 SN 向挤压环境, 无明显火山活动 (图 4b), 其形成机制可能与滨太平洋大陆边缘活动带的持续性活动有关。

5 主要结论

(1) 大兴安岭火山岩带北段呼中火山岩区在晚侏罗世最大主压应力轴方向为 $NW266^{\circ} \sim 316^{\circ}$, 早白垩世最大主压应力轴为 $NE12^{\circ} \sim 50^{\circ}$, 显示侏罗纪与白垩纪应力场的应力状态截然不同, 均处于拉张环境。这二期应力状态不同的构造活动均有强烈的火山活动, 构成大兴安岭火山岩带, 其主体呈 NE-NNE 向, 局部为 NWW 向所显示的构造格局。

(2) 中生代火山构造具多阶段的继承性活动, 基底断裂常萌芽于印支期或印支期前, 燕山期进入强烈大规模活动阶段。

(3) 不同构造单元内基底断裂方向不同, 但都对成岩、成矿作用和后期构造发展起着主要控制作用。具体表现为上黑龙江断陷盆地内构造线呈 NWW-近 EW 向。白卡鲁山南前中

生代基底构造线呈 NEE - NE 向。

参 考 文 献

- [1] 程裕淇. 中国区域地质概论 [M]. 北京 : 地质出版社 , 1994 .
 [2] 初本君, 等. 黑龙江省第四纪地质与环境 [M]. 北京 : 海洋出版社 , 1988 .
 [3] 万天丰, 朱鸿. 中国白垩纪 - 始新世早期构造应力场 [J]. 地质学报, 1989 , 1 (2) : 14 ~ 25 .
 [4] 赵海玲, 等. 中国东北地区中生代火山岩岩石学特征 [J]. 现代地质, 1998 , 1 (7) : 56 ~ 62 .

STUDY OF MESOZOIC PALAEOTECTONIC STRESS FIELD IN THE VOLCAMIC ROCK AREA OF HUZHONG , THE NORTHERN PART OF DAHINGANLING VOLCANIC ZONE

ZHAO Shu-yue , SUN Guang-rui , ZHAO Jie , LI Kai , ZHU Chun-yan

(*Qiqihar sub-institute , Research institute of Regional geological Survey of Heilongjiang , Qiqihar 161005 , China*)

Abstract : In the volcanic rock area of Huzhong in the northern part of Dahiinganling volcanic Zone , the maximum principal compressive stress of Middle-Late Juraassic were mainly oriented the direction of $NW266^{\circ} \sim 316^{\circ}$; but one of Early Cretaceous of the direction $NE12^{\circ} \sim 50^{\circ}$. It shows that Mesozoic stress fields were different in Jurassic and Cretaceous , but these fields are all in tensile environment . In Middle-Late Jurassic , the tectonic magma activity resulting from NNE-SSW tensile stress field in the northern part of this area formed upper Heilongjiang fault basin and NWW trending Jintao-Mengkeshan intermediate-basic volcanic belt , its induced NEE trending tenso-shear stress field made the Premesozoic basement tectonics rejuvenate and formed volcanic eruption of big area . But under the control of NE - SW tensile stress field of Early Cretaceous , in the eastern part of " Ergun Block " sag belt was formed and the basement tectonics is NE-NNE direction .

Key words : Dahinganling ; Mesozoic ; palaeotectonic stress field ; volcanic eruption belt