

五大连池——科洛——克山

富钾火山岩

邱家骧等著

- 全面论述了火山岩及幔源、壳源包体的地质学、岩石学、矿物学、地球化学等方面特征。
- 对火山岩及花岗岩包体进行了实验岩石学研究，并且对火山岩进行了岩浆动力学分析。
- 对火山岩的分类命名，钾质与富钾质类型的划分及石榴石的形成条件等提出了新的认识。
- 探讨了火山岩的板块构造环境、火山作用机理、岩浆来源演化及深部地幔过程等问题。

高等学校博士学科点专项科研基金资助项目

五大连池—科洛—二克山富钾火山岩

邱家骧 等著



中国地质大学出版社

内 容 简 介

本专著是对我国罕见的富钾火山岩带深入研究的成果总结。书中全面系统地论述了黑龙江省富钾火山岩及其幔源和壳源包体的地质学、岩石学、岩石化学、矿物学、微量元素及矿物包裹体等方面的特征,对与岩浆作用过程有关的问题进行了实验岩石学、岩浆动力学及热力学等方面的研究,以期实的资料探讨了富钾火山岩带的构造背景、火山作用机制、裂谷岩浆作用及深部地幔过程的有关专题。

书中汇集了黑龙江省富钾火山岩带大量的分析和实验资料,综合了多学科研究的成果,反映了当代火成岩研究的动向,在理论上具有较高的科学价值。可供地质类专业师生及有关科研、生产人员参考。

五大连池-科洛-二克山富钾火山岩

邱家骧 等著

责任编辑 李继英

责任校对 熊华珍

中国地质大学出版社出版

(武汉市 喻家山 430074)

中国地质大学出版社印刷厂印刷 湖北省新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 14.375 图版 9 字数 368 千字

1991年10月第1版 1991年10月第1次印刷

印数 1—600 册

ISBN 7-5625-0573-X/P·192 定价:13.70 元

前言

我国东部新生代的火山活动十分频繁。在东北地区,新生代的火山活动除形成了广为分布的玄武岩外,还形成了三个闻名的火山自然风景区,这就是吉林的白头山天池,黑龙江的五大连池和镜泊湖。其中的五大连池火山群,是我国最新的火山活动区,其最后的火山喷发于1719—1721年间,在历史上曾有较详细的记载,如《黑龙江处记》报道:“墨尔根东南,一日地中忽出火,石块飞腾,声撼四野,越数月火熄,其地遂成池沼”;吴振臣在《宁古塔记略》中也报道:“离城(德都)东北五十里有水荡,周围三十里”,“六、七月间,忽烟火冲天,其声如雷,昼夜不绝,声闻五六十里。其飞出者皆黑石、硫磺之类,经年不断,竟成一山,热气逼人三十里”,记述了当时火山活动的情景。

五大连池火山群,位于黑龙江省中部的五大连池市,其地理坐标为东经 $125^{\circ}46'51''$ — $126^{\circ}27'07''$,北纬 $50^{\circ}19'49''$ — $48^{\circ}03'00''$,是我国及世界罕见的富钾火山岩活动区。此地火山地貌保存完好,火山岩成分特殊,是研究火山及火山岩的理想地区;由于火山喷出的熔岩阻塞了白河故道,形成了五个火山堰塞湖——五大连池,湖水清澈,景色宜人;加以与火山作用有关的矿泉丰富,有关的泉水和矿泥对多种疾病疗效显著,而火山喷出物又是水泥、岩棉、建筑的重要原料。因此,五大连池素有“火山博物馆”、“旅游及疗养圣地”之誉。

随着科学的日益进步,地质学及岩石学也飞速的得到了发展,板块构造、幔壳特征、深部地质、岩浆来源与演化机理等问题的研究日益受到重视。火山岩是窥测地球深处的“天然窗口”,是证明岩浆存在的最可靠依据,尤其是通过富钾火山岩及其中包裹体、巨晶的研究,对于了解构造环境与深部地质、地幔的组成与交代,岩浆的来源与演化等,都有着非常重要的作用。

五大连池火山群与北部科洛火山群及南部二克山火山群,均为富钾火山岩。科洛在五大连池北25km的嫩江县境内,二克山在五大连池南42km的克东县境内,它们构成一条近南北(NNW)向的富钾火山岩带。

对五大连池等地的研究,已有较长的历史。在本世纪三四十年代,杨杰(1935)、小仓勉(1935—1938)、板东及大木谦一(1940—1943)等人就对五大连池及二克山的部分火山进行过一定的地质、岩石工作。新中国成立后,黑龙江省地质局曾对本区进行过全面的地质调查;王承琪(1979)、祝桂芝、王允鹏(1979)、王福泉(1982)、巩杰生(1982)、胡世玲等(1982),也先后对火山的地质学、年代学、岩石学及有关矿产等,进行了较深入的研究,为本区提供了重要的地质资料与地质工作基础。

我们对富钾火山岩带的研究是1980—1988年进行的,参加野外工作的有邱家骧、杜向荣、周珣若、王人镜、王方正、李昌年。在本区进行研究生论文研究的,先后有张明、廖群安、吴志勤、刘蒙华、金志云。参加编写本专集的有邱家骧、王人镜、李昌年、周珣若、张明、廖群安、刘蒙华、吴志勤、金志云、马昌前。

这次研究在以下几个方面比过去有所提高:

1. 过去的研究以五大连池新期火山岩为主,现在除新期火山岩外,对老期火山岩也进行了研究,还新研究了科洛、二克山两个火山群的火山岩。研究范围大为增加,时代跨度变

长,对成分变化的研究也加大。

2. 过去室内研究以薄片、化分为主,现在除大量增加薄片、化分样品及应用了费氏台、油浸法等经典方法外,还系统增添了X光、红外光谱、电镜、探针、稀土元素、微量元素、同位素、包裹体、电子探针等分析测试手段,有效地解决了本区火山岩中的大量理论与实际问题。

3. 在二克山、科洛两个火山群中新发现了地幔岩与堆积岩(包括石榴霓霞岩)包体,并发现了斜方辉石、单斜辉石及长石巨晶;五大连池也发现了地幔岩的个别包体。为本区地幔特征与交代、岩浆来源与演化等岩理学和深部地质学问题的研究,提供了非常重要的依据。

4. 对壳源花岗岩包体进行了系统的岩石学、矿物学、地球化学等方面的研究,这对玄武岩浆的成因与演化机理以及同化与混染过程提供了重要的资料与线索。

5. 提出了NNW—SSE(近SN)向富钾火山岩带的存在,分析了火山群、火山锥的分布规律,划分了火山岩相及火山喷发类型,研究了绳状、渣状熔岩的流动方向,进行了火山碎屑的粒度分析,阐述了火山的爆发特征,探讨了熔结火山岩的形成机理,补充及深化了该区的研究工作。

6. 对火山岩及其中花岗岩包裹体进行了过去从未进行过的实验岩石学研究,包括熔融实验、淬火实验及同化混染实验,为岩浆的液相线、固相线温度、结晶过程、矿物组成、结构构造,以及同化混染对火山岩的影响,提供了重要的成因信息。

7. 对火山岩斑晶、捕虏晶中包裹体及地幔岩矿物中包裹体的形态、相比、类型、成分、均一化温度等进行了研究;并对它们反映的岩浆、捕虏晶、地幔等有关问题进行了理论分析。

8. 对火山岩、地幔岩、堆积岩的地球化学特征,钾质与富钾质岩石在 K_2O-Na_2O 图上的划分界线,富钾熔岩的种属命名,巨晶、捕虏晶、斑晶、微晶的组分及名称,地幔岩、堆积岩的主要类型,花岗岩包裹体的熔蚀变化,石榴石的形成条件以及碱性长石的成分结构等等,均提出了大量实际资料和新认识。

9. 对本区火山岩进行了系统的岩浆动力学研究,除计算了岩浆的粘度、密度、屈服强度等物理参数外,还对岩浆的上升速度、流动速度、冷却速度等进行了估算,填补了本区研究的空白。

10. 对岩浆源区的地幔特征及地质事件、原生岩浆的成分及地幔熔融程度、岩浆的演化机理及其形成时的物化条件、火山岩产出的板块构造环境及裂谷类型,均进行了较系统的论证、分析,提出了新的观点。

我们在野外多年观察研究及室内大量测试、实验的基础上,进行了系统的归纳、整理,编写成这本专著,本书编者的具体分工如下:

前言,邱家骧、廖群安;第一章,廖群安、杜向荣;第二、十三、十七章,邱家骧、吴志勤;第三章,王人镜;第四、五章,廖群安;第六章,邱家骧、刘蒙华;第七章,李昌年;第八章,吴志勤;第九、十一章,刘蒙华;第十章,张明;第十二、十四章,周珣若、金志云;第十五章,金志云,周珣若;第十六章,马昌前;第十八章,邱家骧、廖群安。廖群安、王人镜在本书编写过程中做了大量具体的工作;邱家骧负责了全书的修改定稿。

在五大连池、科洛、二克山地区的野外和室内工作中,黑龙江省地矿局、省地质研究所,尤其是杜向荣工程师,在地质资料、测试经费、踏勘、交通等方面,给予了无私支援、大力协助;国家教委博士学科专项科研基金为本书提供了出版经费;中国科学院鄂莫岚研究员审阅了书稿,提出了非常宝贵的意见。在此,谨致以最深切的谢意!由于时间短促,水平有限,不当之处,在所难免,欢迎指正!

本书所用缩写及符号

Af	碱性长石	VAB	火山岛弧玄武岩
Pl	斜长石	OFB	大洋底部玄武岩
Ab	钠长石	WPB	板内玄武岩
An	钙长石	WPA	板内碱性玄武岩
Or	钾长石	IAT	岛弧拉斑玄武岩
Sa	透长石	CAB	钙碱性玄武岩
Q	石英	AIK	碱性玄武岩
Lc	白榴石	TR	过渡类型玄武岩
Ne	霞石	C^i	元素i的浓度
Kp	钾霞石	$C_{i,0}^i$	原生岩浆中i元素的浓度
Py	辉石	$C_{i,m}^i$	次生岩浆中i元素的浓度
Cpx	单斜辉石	$\bar{D}_i$	元素i的总分配系数
Opx	斜方辉石	$K_D^{A/B}$	元素或氧化物A、B的比值分配系数
Di	透辉石	K_D	简单分配系数
En	顽火辉石	α	同化混染程度(第十五章)
Wo	硅灰石	$1-f$	分离结晶程度
Fs	铁辉石	X_K	氧化物K的摩尔分数
Ol	橄榄石	M_K	氧化物K的摩尔质量
Fo	镁橄榄石	X	岩浆中晶体的含量
Aug	普通辉石	D	碎屑或矿物颗粒的直径(第二章、第十三章)
Mt	磁铁矿	φ	$\log_2 D^{-1}$
Sp	尖晶石	R	离子半径(第七章)
Ap	磷灰石	R	气体常数(1.987cal/mol·K)(第十三章)
Il	钛铁矿	t_i	熔体液相线温度(K)
REE	稀土元素	θ, T	岩浆温度(K)
ΣREE	稀土元素丰度之和	ρ	岩浆密度(kg/m ³)
K^*	K异常值	$V_m(t)$	温度为t时的岩浆摩尔体积(m ³ /mol)
Nb^*	Nb异常值	$\bar{V}_i^0$	氧化物i的偏摩尔体积(m ³ /mol)
δEu	Eu异常值	η	岩浆粘度(Pa·s)
Alk	为Na ₂ O+K ₂ O	σ_0	岩浆屈服强度(N/m ²)
A.R	碱度率		
δ	组合指数		
SI	固结指数		
M	100(Mg/Mg+ ΣFe^{2+})		
mg	Mg/Mg+ $\Sigma\text{Fe}+\text{Mn}$		

g	重力加速度(9.8m/s^2)	Y_m	熔岩流固液界面距表面的距离(m)
α	热膨胀系数(K^{-1})(第十六章)	erf	误差函数
D	扩散系数(m^2/s)(第十六章)	K	热扩散系数(m^2/s)(第十六章)
C	元素浓度	Q	热量(kj)
t	时间(s)	$\Delta H_f \cdot 298$	标准生成热
R	晶体生长速率(m/s)、包裹体半径(m)(第十六章)	$\sigma_1 - \sigma_3$	流动应力(MPa)
R_e	雷诺数	$\dot{\epsilon}$	流动速率(s^{-1})
u_a	包裹体下沉速度(m/s)	ϵ	活度
R_f	火山喷发速率(m/s)		
$V(Z)$	熔岩流厚度为Z处的流速(m/s)		

目 录

前言	
本书所用缩写及符号	
第一章 黑龙江省新生代火山活动概况及富钾火山岩带区域地质	(1)
一、黑龙江省新生代火山岩的分布及变化规律	(1)
二、五大连池、科洛、二克山火山群的区域地质特征	(3)
三、小结	(8)
第二章 火山地质及喷发类型	(10)
一、火山喷发时代	(10)
二、火山喷发特征	(11)
三、溢流相基本特征	(12)
四、爆发相基本特征	(15)
五、小结	(18)
第三章 黑龙江省富钾玄武岩类岩石化学特征	(19)
一、化学成分特点	(19)
二、岩石平均化学成分	(29)
三、岩系、类型及演化趋势	(31)
四、空间上的变化规律	(34)
五、时间上的变化规律	(36)
六、小结	(37)
第四章 火山岩的岩相学特征及岩石分类命名	(38)
一、火山岩岩相学特征	(38)
二、火山岩分类命名问题	(43)
三、小结	(48)
第五章 火山岩斑晶、微晶的矿物化学	(49)
一、概述	(49)
二、橄榄石	(49)
三、单斜辉石	(54)
四、碱性长石	(57)
五、石榴石及霞石	(61)
六、钛铁氧化物	(63)
七、火山玻璃	(64)
八、矿物结晶条件的估算	(67)
九、小结	(68)
第六章 巨晶和捕虏晶的矿物学及成因	(70)
一、单斜辉石巨晶	(70)

二、斜方辉石巨晶·····	(73)
三、长石巨晶·····	(75)
四、橄榄石和单斜辉石捕虏晶·····	(78)
五、问题讨论·····	(80)
第七章 黑龙江省富钾火山岩的地球化学特征 ·····	(85)
一、过渡元素·····	(85)
二、稀土元素·····	(88)
三、亲石元素·····	(91)
四、同位素·····	(95)
五、小结·····	(99)
第八章 地幔岩包体 ·····	(101)
一、岩相学·····	(101)
二、矿物学·····	(102)
三、地球化学·····	(109)
四、小结·····	(114)
第九章 堆积岩包体 ·····	(116)
一、岩相学特征·····	(116)
二、岩石化学特征·····	(117)
三、微量元素特征·····	(118)
四、矿物化学·····	(119)
五、讨论·····	(124)
第十章 花岗岩捕虏体 ·····	(127)
一、岩相学特征·····	(127)
二、矿物化学特征·····	(128)
三、岩石化学和地球化学特征·····	(139)
四、同化混染作用的实验岩石学研究结果·····	(145)
五、钾质玄武岩浆与花岗岩的相互作用·····	(145)
第十一章 矿物中的包裹体 ·····	(149)
一、包裹体特征·····	(149)
二、熔融包裹体均一温度的测定·····	(150)
三、熔融包裹体的成分特征·····	(150)
四、讨论·····	(151)
第十二章 火山岩的实验岩石学研究 ·····	(152)
一、岩石特征·····	(152)
二、熔融实验·····	(153)
三、淬火实验·····	(154)
四、讨论·····	(157)
第十三章 上地幔特征及交代作用 ·····	(159)
一、上地幔物化条件·····	(159)
二、组构及成分特点·····	(162)

三、地幔交代作用	(163)
四、小结	(166)
第十四章 岩浆的起源	(168)
一、同源岩浆	(168)
二、原生岩浆	(168)
三、交代地幔	(169)
四、原生岩浆的形成	(172)
五、小结	(174)
第十五章 岩浆的演化	(176)
一、岩浆的分离结晶作用	(176)
二、同化混染实验	(178)
三、Stormer 模式的计算结果	(181)
四、微量元素和热力学的计算结果	(183)
五、小结	(187)
第十六章 岩浆动力学	(188)
一、岩浆的物理性质	(188)
二、结晶分异作用的有关岩浆动力学问题	(190)
三、岩浆上升和喷发速率	(193)
四、地表熔岩流速和冷凝速率	(193)
五、小结	(196)
第十七章 板块构造环境	(198)
一、环境分析	(198)
二、裂谷的成因类型及模式	(200)
三、小结	(202)
第十八章 主要结论	(204)
英文摘要与英文目录	(208)
图版及说明	(218)

第一章 黑龙江省新生代火山活动 概况及富钾火山岩带区域地质

火山活动是地球释放能量,保持自身平衡的重要方式之一。不同的火山活动往往反映了特定的地质构造环境及幔壳构造特点。在新生代中国东部频繁的火山活动中,本区所形成的富钾火山岩带在成分上是十分特殊的,因而引起了世界的瞩目,这与本区火山岩所处的特殊的地质构造环境有关。

一、黑龙江省新生代火山岩的分布及变化规律

受太平洋板块俯冲的影响,中国大陆东部火山活动频繁。但由于新生代太平洋板块俯冲带距中国东部较远,除在福建东南沿海等地有近似边缘海盆的拉斑玄武岩喷出外,中国东部新生代火山活动主要形成大陆裂谷及深切地幔的大断裂所控制的板内玄武岩(邱家骧等,1988)。这些玄武岩大多沿深断裂及裂谷成带状分布,并具有时代愈新,碱度及钾质愈高的特征(邱家骧等,1988;从柏林,1979;周新民等,1980)。东北、华北、华南三个地区,由于所处的应力场(刘肇昌,1983)、地幔成分及断裂深度的差别,其新生代玄武岩的成分也不一致,从南到北,碱质及钾质含量有增加的趋势(邱家骧等,1987)。

黑龙江省新生代的火山活动、玄武岩分布也与区内发育的深部构造密切相关,可划分出与黑龙江省四条主要构造线方向一致的四个火山岩带,即从东南往西北,依次为东宁玄武岩带Ⅰ、宁安—穆稜玄武岩带Ⅱ、尚志—方正玄武岩带Ⅲ和克东—嫩江玄武岩带Ⅳ。这些火山岩带各由一系列时代相近的火山岩组成,与断裂构造关系密切,其空间分布明显地体现了全区深部断块构造的基本格局。火山岩成分变化及分段产出的特点,反映了深部断裂的性质和深度。

四个火山岩带,从东到西,其火山岩成分不尽相同,变化有一定的规律。同一构造带上,时代由早到晚,岩石的成分也有一定的变化规律:

1. **东宁玄武岩带** 分布于黑龙江省东部边缘,沿乌苏里—兴凯湖断裂分布,向北东延伸可进入朝鲜境内。东宁玄武岩喷发于晚第三纪,为拉斑玄武岩。

2. **宁安—穆稜玄武岩带** 分布于张广才岭东缘,大致与郯庐断裂北东向的分支敦密断裂带一致,如该玄武岩带上牡丹江的黄花玄武岩,早第三纪为典型的拉斑玄武岩,晚第三纪则为碱性玄武岩。

3. **尚方—方正玄武岩带** 分布于张广才岭西缘与松嫩裂谷分界部位的舒兰—依兰深断裂带内或其附近,大致与郯庐断裂的西部分支一致,为晚第三纪喷出。主要为碱性玄武岩,如尚志元宝屯的火山岩为碧玄岩。

4. **克东—嫩江玄武岩** 位于松嫩裂谷中部偏西侧,与松嫩裂谷中央断裂构造带基本一

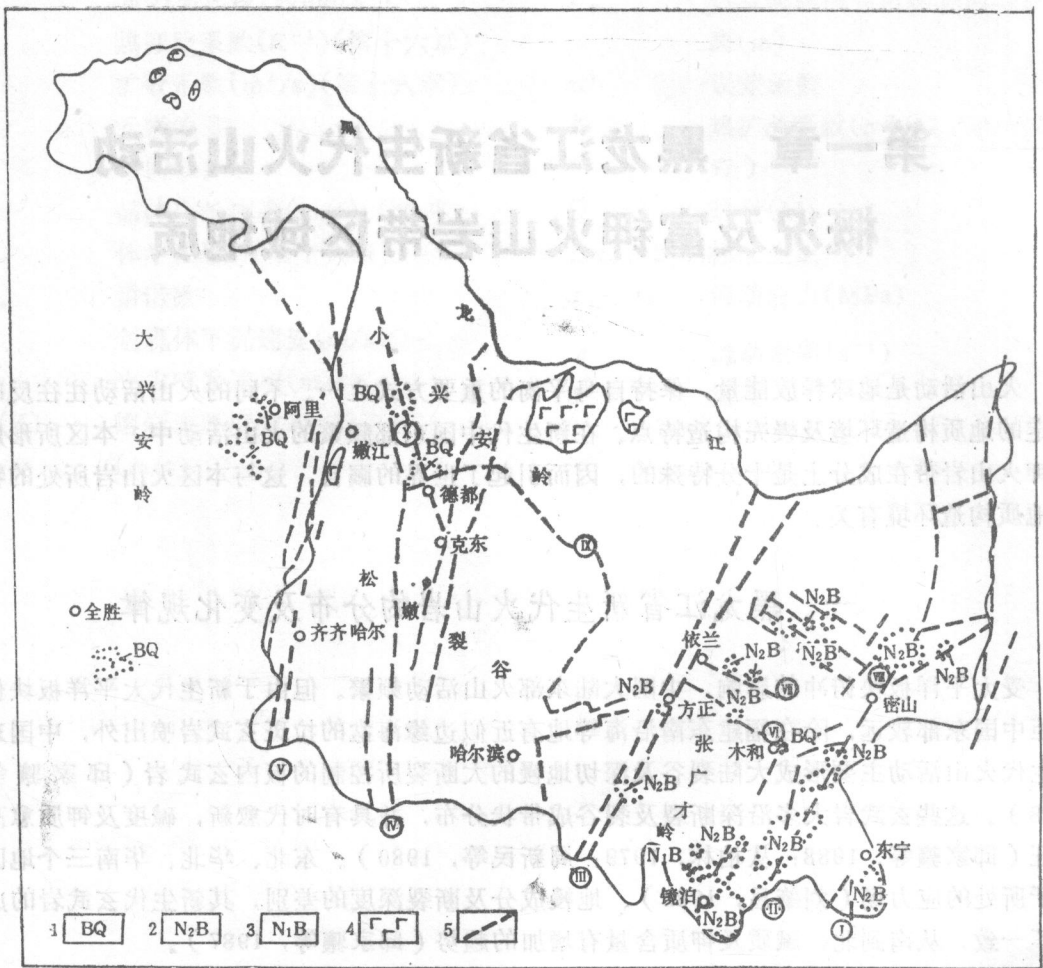


图1-1 黑龙江省新生代玄武岩分布及有关断裂构造示意图

1. 第四纪玄武岩；2. 晚第三纪玄武岩；3. 早第三纪玄武岩；4. 时代不明的安山玄武岩；5. 新生代断裂构造
- I. 乌苏里江—兴凯湖断裂带、东宁玄武岩带；II. 敦密断裂带，宁安—穆棱玄武岩带；III. 依舒断裂带，尚志—方正火山岩带；IV. 松嫩裂谷中央断裂构造带，克东—嫩江玄武岩带；V. 嫩江断裂带；VI. 林口断裂；VII. 倭秀河断裂；VIII. 佳木斯—密山断裂带；IX. 小兴安岭南边缘断裂

致。五大连池、科洛及二克山火山群均位于这一火山岩带上。该火山岩带以出现强碱性的富钾火山岩为特征，如五大连池、科洛和二克山火山群；晚第三纪为超镁铁岩—白榴苦橄岩，以含白榴石和霞石为特征；第四纪为基—中性的白榴碧玄武岩、白榴玄武岩，以含白榴石为特征。

以上四个玄武岩带的岩石，由东向西，碱质及钾质含量增大。在同一玄武岩带上，由早到晚也有类似的变化趋势。这种变化趋势与整个中国东部新生代玄武岩的变化趋势是一致的。

微量元素中， ΣREE 、 $\text{ZrO}_2(\text{HfO}_2)$ 、 Rb_2O 等元素及 Nb/Ta 比值、 $^{86}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$ 值也具有由东向西增加的特点。在克东—嫩江火山岩带上，稀土元素、不相容元素均富集到最高值， $^{86}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$ 也达到最大值。

将研究范围扩大到嫩江断裂带和大兴安岭，由图1-2和表1-1可看出，新生代玄武岩中，

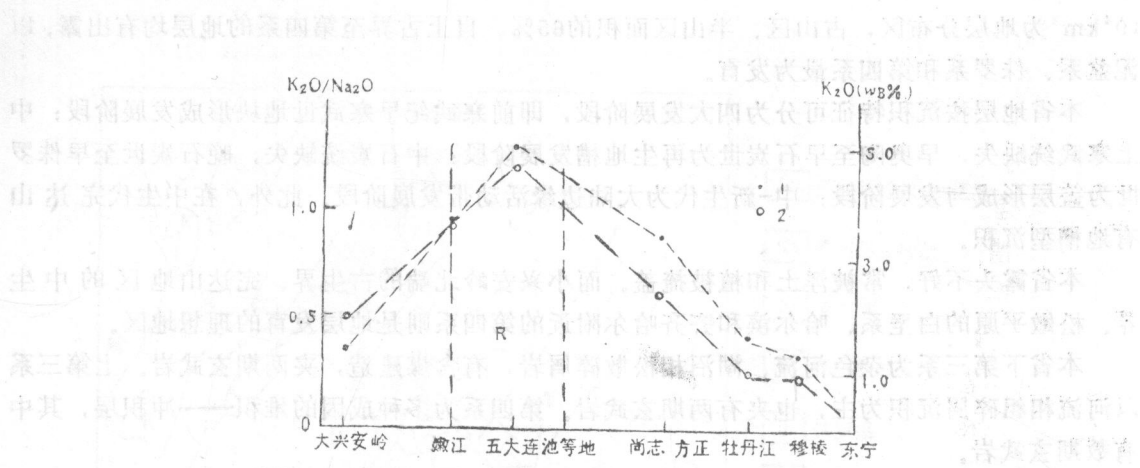


图1-2 黑龙江省东宁—大兴安岭新生代火山岩 K_2O 及 K_2O/Na_2O 变化
1. 新生代玄武岩 K_2O 含量; 2. 新生代玄武岩 K_2O/Na_2O 比值; R. 松嫩盆地范围

表1-1 黑龙江省东宁至大兴安岭地区新生代玄武岩
 K_2O 、 Na_2O 含量 $w_B\%$ 及 K_2O/Na_2O 比值

地区	大兴安岭 (博克图)	嫩江 (宜里)	五大连池、 科洛、二克山	尚志 (高丽山、元宝)	牡丹江 (鹿道、镜泊)	穆棱	东宁 (老黑山)
样品数(个)	2	4	30	6	10	6	4
K_2O	1.48	2.93	5.38	3.57	1.77	1.59	0.38
Na_2O	3.09	3.23	3.88	5.49	3.88	3.16	3.03
K_2O/Na_2O	0.49	0.90	1.40	0.65	0.46	0.47	0.13
Na_2O+K_2O	4.57	6.16	9.26	9.06	5.65	4.65	3.41

K_2O 、 K_2O+Na_2O 和 K_2O/Na_2O 以五大连池—二克山—科洛火山岩带最高, 向两侧明显降低, 松嫩裂谷具明显的裂谷火山岩特征。

除受上述四个主要构造带控制外, 黑龙江省新生代火山岩还受其它方向断裂的控制, 火山岩成分与断裂方向的关系更为密切: 近NE向断裂多为钠质碱性玄武岩, 近EW向断裂多为拉斑玄武岩, 近SN向断裂则多为钾质碱性玄武岩。

二、五大连池、科洛、二克山火山群的区域地质特征

从世界范围看, 大陆裂谷中常伴有碱性—强碱性的火山活动, 并可形成富钾的火山岩组合。如东非裂谷、美国西部、法国的Maseif和苏格兰米德兰的富钾火山岩, 均产于裂谷构造环境 (Gupta等, 1980)。本区火山岩在产出的构造环境上, 与世界上其它地区的富钾火山岩相似, 也受裂谷构造的控制。本区地幔的底辟上升及深断裂构造, 为本区碱性火山活动提供了非常有利的条件。分述本区的区域地质特征如下:

(一) 区域地层与岩浆活动

黑龙江省地层*较全, 沉积类型较多, 生物群落丰富, 化石保存完好。本省地层分布面积达 $35 \times 10^4 km^2$, 占全省面积的76%。山区、半山区除去 $11 \times 10^4 km^2$ 为侵入岩外, 其余 $21 \times$

* 黑龙江省地矿局, 黑龙江省地质志, 1989, 内部资料。

10⁴km²为地层分布区,占山区、半山区面积的65%。自上古界至第四系的地层均有出露,以泥盆系、侏罗系和第四系最为发育。

本省地层按沉积特征可分为四大发展阶段,即前寒武纪早寒武世地块形成发展阶段;中上寒武统缺失,早奥陶至早石炭世为再生地槽发展阶段;中石炭统缺失,晚石炭世至早侏罗世为盖层形成与发展阶段;中-新生代为大陆边缘活动带发展阶段。此外,在中生代完达山有地槽型沉积。

本省露头不好,常被浮土和植被掩盖。而小兴安岭北端的古生界、完达山地区的中生界、松嫩平原的白垩系、哈尔滨和齐齐哈尔附近的第四系则是地层发育的理想地区。

本省下第三系为杂色河流、湖沼相松散碎屑岩,有含煤建造,夹两期玄武岩。上第三系以河流相粗碎屑沉积为主,也夹有两期玄武岩。第四系为多种成因的堆积——冲积层,其中有数期玄武岩。

本区地层有前奥陶系、石炭系、三叠系的混合岩、片麻岩、片岩、板岩、千枚岩及变质砂砾岩和中酸性火山岩、火山碎屑沉积岩等。上侏罗及下白垩统的泥岩、粉砂岩、砂岩、砂砾岩,夹中基性火山岩。第三系的杂色页岩、砂砾岩夹白榴苦橄岩。第四系的冲积层夹白榴碧玄岩和白榴玄武岩。

元古代以来,由于本区地壳的频繁活动,特别是伴随着松辽盆地的拗陷及大小兴安岭的隆起,本区经历了多次岩浆活动,形成了分布较广的中酸性侵入岩和中基性火山喷出岩。其中侵入岩可分三个时期的产物:①元古代的花岗片麻岩(γ_2),岩体主要分布于科洛河南岸,岩石由40%的钾长石、25%的石英、20%的斜长石和15%的黑云母组成;②古生代的花岗岩类,即华力西晚期第二期的花岗闪长岩($\gamma\delta_1^{2b}$),其矿物成分主要由斜长石(50%)、钾长石(12%)、石英(15%)、暗色矿物(20%)及少量的石榴石(3%)等组成。在五大连池及科洛地区均有分布,是五大连池白榴玄武岩中最常见的捕虏岩石;③燕山早期第三期侵入岩($\gamma\gamma_3^c$),多呈岩株、岩脉产出,主要由花岗岩、白岗岩、白岗斑岩和花岗斑岩等组成,岩石中斜长石占25%,条纹长石、微斜长石45%、石英27%、黑云母3%。区内还分布有伴随不同期岩浆活动形成的闪长玢岩及花岗伟晶岩等岩脉。

本区在奥陶纪后、新生代前的火山活动主要有两期:早期为二叠纪的中酸性火山活动,以英安岩、流纹岩等为主;晚期为侏罗纪中基性火山活动,规模大,分布广,厚度大,主要有玄武岩、玄武安山岩、安山岩及玄武粗安岩、碱性玄武岩等。这些火山岩一般沿北西向的断裂喷发,呈带状广泛分布于科洛和五大连池两个火山群之间。

(二)区域构造及富钾火山岩带

五大连池、科洛、二克山三个火山群在构造位置上位于NNE向断裂带(大兴安岭、嫩江、松嫩裂谷西缘)与NW向断裂带(小兴安岭及松嫩裂谷北缘)派生的构造线上。这三个火山群近NS向(NNW343°)呈带状分布,构成富钾火山岩带。

这个富钾火山岩带岩石以含白榴石为特征,它受NW343°方向岩浆底辟及深大断裂控制。在该断裂与近NW向(NE80°)断裂的相交处,形成一系列地幔柱,构成多个近等距分布的火山群。如科洛以北的大黑山为白榴岩,再向北的小古里(680高地)为霞石白榴碧玄岩(图1-3);二克山以南为尚志火山群,再向南为大干泡火山群,均以霞石白榴碧玄岩为主,直至吉林省白头山天池,亦为富钾火山岩。

由控制火山群分布的NNW343°和NEE80°两组断裂带派生的NW(310°)和NE(50°)

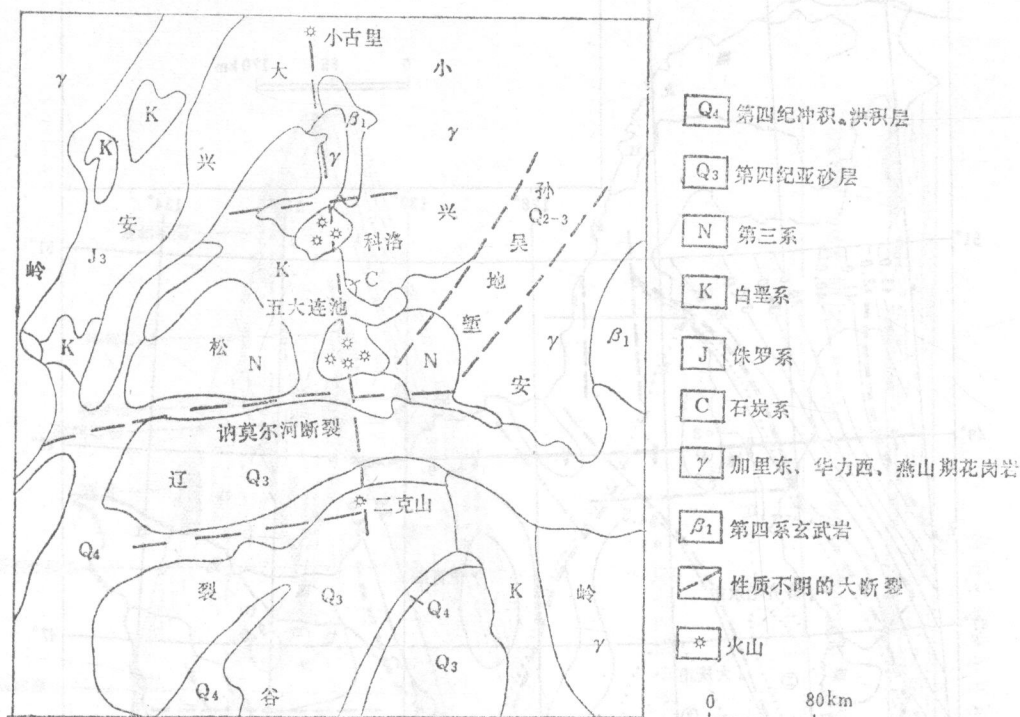


图1-3 构造位置简图

(据吴志勤, 1986)

两组次级断裂的交汇点, 控制了各火山群中火山锥(口)的具体位置。

区内各地质时期的构造均发育, 新的构造活动频繁。

松嫩裂谷分布于黑龙江省的中部, 晚侏罗纪开始下陷, 至白垩纪时大规模沉降, 沉积有很厚的陆相沉积物, 以夹有火山岩层的砂砾岩、粉砂岩、泥岩、杂色页岩为主, 并含有油层。基底由前奥陶系、石炭—二叠系以及华力西期花岗岩等构成。北部为小兴安岭, 东为张广才岭, 西为大兴安岭。分别以多宝山—铁力—林口北西向深断裂(Ⅰ)、北东向的嫩江深断裂(Ⅱ)和北东向的依舒深断裂(Ⅲ)为界(图1-4), 分界部分均有较明显的重力梯度存在, 同时沿断裂均有新生代的火山喷发。据区域重磁场特征研究, 松嫩裂谷为构成北北东向松嫩盆地的地块, 盆地内为大片负磁场, 磁场起伏和梯度均小于邻区, 场质为 $-200\gamma-2.5\gamma$, 平均磁化强度约 $380 \times 10^{-6}-480 \times 10^{-6} \text{ C} \cdot \text{G} \cdot \text{S} \cdot \text{M}$ 。据黑龙江省地矿局物探资料, 盆地内莫氏面的深度明显地小于盆地西侧的大兴安岭和张广才岭, 有齐齐哈尔、肇东和嫩江三个局部隆起。松嫩盆地北段的地壳厚度为34.51km, 而盆地西侧的大兴安岭和张广才岭的地壳厚度分别为41km和36—38km, 地幔上隆幅度约为1.5—6.5km。本区的富钾火山岩带即处于盆地北缘的地幔隆起部位嫩江局部隆起之上。又据赵文峰(1981)研究, 五大连池火山群即位于盆地北缘隆起的地幔柱之上。盆地的北端发育有东西向的深大断裂, 如莫力达瓦—德都深断裂(Ⅴ)、嘉阴—海拉尔深断裂, 也有南北向断裂。另外嫩江断裂、多宝山—铁力—林口深断裂在盆地的北缘交汇。由此可见, 本区富钾火山岩带所处的松嫩裂谷北缘是地幔上隆和多方向断裂集中的地区, 无疑也应是岩浆活动频繁, 有利于火山活动的地区。

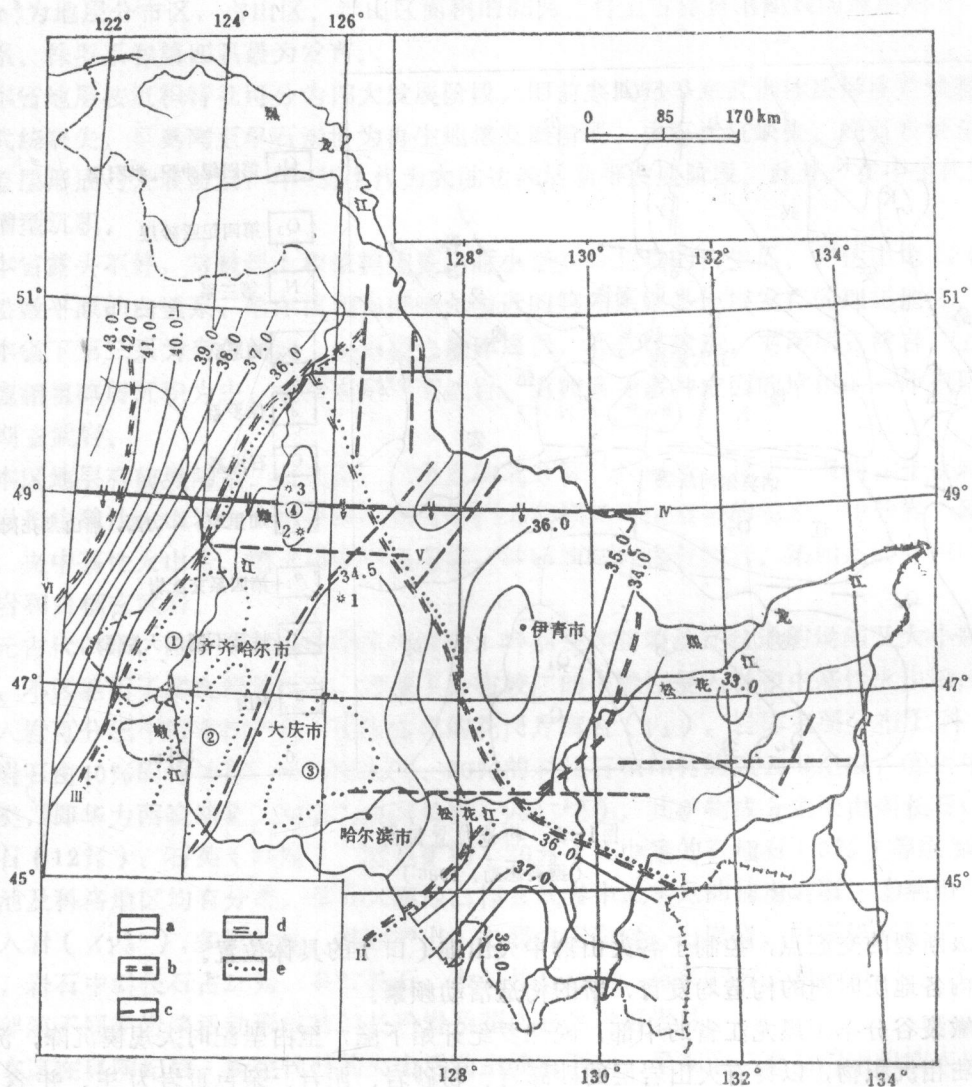


图1-4 黑龙江省及呼盟部分地区推断莫氏面等深线及深断裂分布图

a. 莫氏面等深线(km); b. 边界深断裂; c. 一般深断裂; d. 可靠性较差的断裂; e. 区域性莫氏面起伏的界线。

1. 二克山火山群; 2. 五大连池火山群; 3. 科洛火山群。①齐齐哈尔局部隆起; ②杜尔伯特局部凹陷; ③肇东局部隆起; ④嫩江局部隆起

I. 多宝山-铁力-林口深断裂; II. 依舒断裂; III. 嫩江深断裂; IV. 嘉阴-海拉尔深断裂; V. 洮莫尔河断裂;

VI. 克河-巴林断裂

(资料来源于黑龙江省地矿局物探队, 略加修改补充)

受深大断裂的影响, 火山岩区的次级构造十分发育, 以北东向、北西向两组断层和褶皱为主, 并发育有近南北向和近东西向两组断层及北北东向的拗陷及断层构造, 这些构造控制了区内地层及岩浆岩的分布。

五大连池火山群分布有14座保存完好的火山锥(图1-5), 从构造上看, 它们主要受NW、NE向断裂交汇点的控制, 有的也与SN和EW向断裂的复合部位有关。航空照片、卫星照片及地面地质调查和钻孔资料表明, 区内确实存在北西、北东及南北向、东西向四组断层

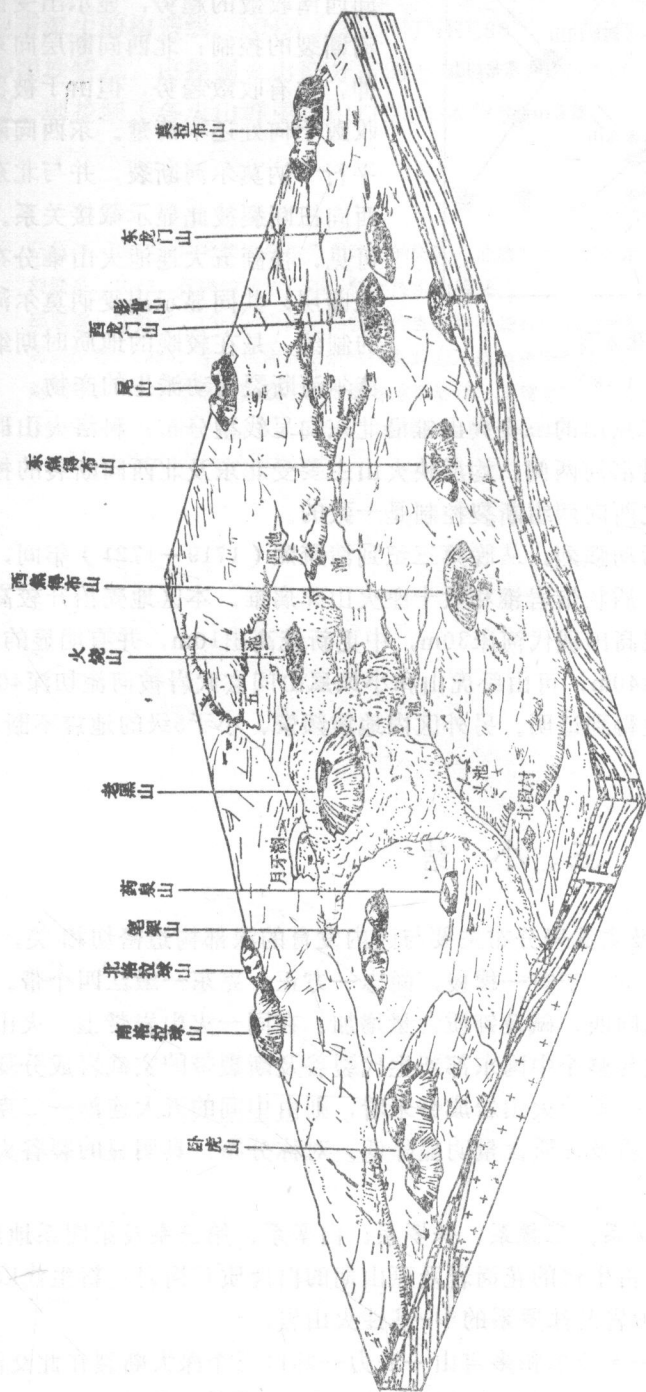


图1-5A 德都五大连池火山群示意图



图1-5B 从德都县城北眺五大连池火山群