

火山岩油气藏的形成机制与分布规律研究丛书

准噶尔盆地及邻区晚古生代 构造演化与火山作用

李江海 毛翔 李维波 王洛 等著



科学出版社

火山岩油气藏的形成机制与分布规律研究丛书

准噶尔盆地及邻区晚古生代 构造演化与火山作用

李江海 毛 翔 李维波 王 洛 等著



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书探讨最新的火山地质学研究进展,包括现代火山形成的构造背景,火山喷发类型、模式和环境,火山喷发旋回与期次,火山机构、火山岩岩相以及火山与断裂等构造因素的相互作用;之后依次从古板块再造、力学模拟和地球物理场特征等角度,对晚古生代全球构造背景、泛大陆形成模式、中亚造山带、哈萨克斯坦马蹄形构造和准噶尔盆地进行研究,以尝试恢复晚古生代准噶尔盆地及邻区所处的大地构造背景;本书重点瞄准准噶尔盆地及邻区晚古生代火山活动,包括晚古生代火山旋回特征,火山机构分布与特征等;此外,还论述了准噶尔盆地及邻区露头及埋藏区晚古生代火山岩发育特征,包括展布、岩性、岩相、测井、风化模式等;最后,从构造背景、构造演化与盆地伸展动力机制,火山旋回与火山岩相,火山岩岩性与时代等角度将准噶尔与我国其他含油气火山岩盆地进行对比分析。总之,本书着力于从最新的全球板块构造理论、区域构造历史、火山地质理论前沿,为火山岩油气勘探开发提供基础理论支持。

本书适合地质学、地球物理学、火山学、石油与天然气地质勘查、油气开发专业的大专院校师生和科研人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

准噶尔盆地及邻区晚古生代构造演化与火山作用 / 李江海等著. —北京:科学出版社, 2015. 5

(火山岩油气藏的形成机制与分布规律研究丛书)

ISBN 978-7-03-044213-0

I. ①准… II. ①李… III. ①准噶尔盆地-晚古生代-构造演化-研究②准噶尔盆地-晚古生代-火山作用-研究 IV. ①P535. 245

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 091184 号

责任编辑: 王 运 韩 鹏 / 责任校对: 鲁 素

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 5 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2015 年 5 月第一次印刷 印张: 14

字数: 330 000

定价: 128.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《火山岩油气藏的形成机制与分布规律 研究丛书》编辑委员会

编辑顾问委员会

主 任：贾承造 王玉华

委 员：(以姓氏笔画为序)

王成善	王铁冠	贝 丰	吕延防
李幼铭	李廷栋	肖序常	邹才能
沙金庚	罗治斌	金成志	庞雄奇
赵文智	赵志奎	萧德铭	潘 懋
戴金星			

编辑委员会

主 任：冯志强 刘嘉麒

委 员：(以姓氏笔画为序)

王璞珺	卢双舫	冉清昌	印长海
包 丽	冯子辉	师永民	朱如凯
刘 财	孙晓猛	李成立	李江海
李红娟	李建忠	吴晓智	陈树民
陈振岩	陈福坤	邵红梅	单玄龙
姜传金	梁世君	梁江平	童 英

主 编：冯志强 陈树民

丛 书 序

——开拓油气勘查的新领域

2001 年以来,大庆油田有限责任公司在松辽盆地北部徐家围子凹陷深层火山岩勘探中获得高产工业气流,发现了徐深大气田,由此,打破了火山岩(火成岩)是油气勘探禁区的传统理念,揭开了在火山岩中寻找油气藏的序幕,进而在松辽、渤海湾、准噶尔、三塘湖等盆地火山岩的油气勘探中相继获得重大突破,发现一批火山岩型的油气田,展示出盆地火山岩作为油气新的储集体的巨大潜力。

从全球范围内看,盆地是油气藏的主要聚集地,那里不仅沉积了巨厚的沉积岩,也往往充斥着大量的火山岩,尤其在盆地发育早期(或深层),火山岩在盆地充填物中所占的比例明显增加。相对常规沉积岩而言,火山岩具有物性受埋深影响小的优点,在盆地深层其成储条件通常好于常规沉积岩,因此可以作为盆地深层勘探的重要储集类型。同时,盆地早期发育的火山岩多与快速沉降的烃源岩共生,组成有效的生储盖组合,具备成藏的有利条件。

但是,作为一个新的重要的勘探领域,火山岩油气藏的成藏理论和勘探路线与沉积岩石油地质理论及勘探路线有很大不同,有些还不够成熟,甚至处于启蒙阶段。缺乏理论指导和技术创新是制约火山岩油气勘探开发快速发展的主要瓶颈。为此,2009 年,国家科技部及时设立国家重点基础研究发展计划(973)项目“火山岩油气藏的形成机制与分布规律”,把握住历史机遇,及时凝炼火山岩油气成藏的科学问题,实现理论和技术创新,这对于占领国际火山岩油气地质理论的制高点,实现火山岩油气勘探更广泛的突破,保障国家能源安全具有重要意义。大庆油田作为项目牵头单位,联合中国科学院地质与地球物理研究所、吉林大学、北京大学、中国石油天然气勘探研究院和东北石油大学等单位的专业人员,组成以冯志强、陈树民为代表的强有力的研究团队,历时五年,通过大量的野外地质调查、油田现场生产钻井资料采集和深入的测试、分析、模拟、研究,取得了一批重要的理论成果和创新认识,基本建立了火山岩油气藏成藏理论和与之配套的勘探、评价技术,拓展了火山岩油气田的勘探领域,指明火山岩油气藏的寻找方向,为开拓我国油气勘探新领域和新途径做出了重要贡献:

一是针对火山岩油气富集区的地质背景和控制因素科学问题,提出了岛弧盆地和裂谷盆地是形成火山岩油气藏的有利地质环境,明确了寻找火山岩油气藏的盆地类型;二是针对火山岩储层展布规律和成储机制的科学问题,提出了不同类型、不同时代的火山岩均有可能形成局部优质和大面积分布的致密有效储层的新认识,大大拓展了火山岩油气富集空间和发育规模,对进一步挖掘火山岩勘探潜力有重要指导意义;三是针对火山岩油气藏地球物理响应的科学问题,开展了系统的地震岩石物理规律研究,形成了火山岩重磁宏观预测、火山岩油气藏目标地震识别、火山岩油气藏测井评价和

火山岩储层微观评价4个技术系列，有效地指导了产业部门的勘探生产实践，发现了一批油气田和远景区。

“火山岩油气藏的形成机制与分布规律”项目，是国内第一家由基层企业牵头的国家重大基础研究项目，通过各参加单位的共同努力，不仅取得一批创新性的理论和技术成果，还建立了一支以企业牵头，“产、学、研、用”相结合的创新团队，在国际火山岩油气领域形成先行优势。这种研究模式对于今后我国重大基础研究项目组织实施具有重要借鉴意义。

《火山岩油气藏的形成机制与分布规律研究丛书》的出版，系统反映了该项目的研究成果，对火山岩油气成藏理论和勘探方法进行了系统的阐述，对推动我国以火山活动为主线的油气地质理论和实践的发展，乃至能源领域的科技创新均具有重要的指导意义。



2015年4月

前 言

随着全球常规油气资源的勘探、开发难度日渐增大,火山岩油气藏已成为油气勘探、开发的重要新领域。目前,世界范围内已在 100 多个国家和地区的 300 多个盆地或区块中发现了与火山岩有关的油气藏或油气显示(刘嘉麒等, 2010; 张光亚等, 2010; 朱如凯等, 2010)。火山岩油气藏同沉积岩油气藏一样,广泛分布于地球上众多的含油气盆地内,正在成为全球油气资源勘探开发的热点之一。日本、阿根廷、印度尼西亚、澳大利亚、越南、新西兰、巴基斯坦、美国、墨西哥、巴西、委内瑞拉、古巴、俄罗斯、格陵兰、格鲁吉亚、阿塞拜疆、意大利、阿尔及利亚、加纳、纳米比亚等诸多国家均已勘探开发了一定规模的火山岩油气藏(Schutter, 2003)。火山岩油气藏是中国非常规油气资源的重要组成部分,预测有利勘探面积为 $36 \times 10^4 \text{ km}^2$, 初步预测火山岩总的石油资源量达 $60 \times 10^8 \text{ t}$ 当量以上(朱如凯等, 2010)。准噶尔盆地石炭系是我国火山岩油气藏的主要分布区。我国于 1957 年在准噶尔盆地西北缘首次发现火山岩油藏,之后在盆地腹部石西和东部陆东-五彩湾等地相继发现大面积火山岩油气藏,火山岩油气藏成为准噶尔盆地新的重要油藏类型,大大推动了盆地火山岩油气藏勘探的开展。

长期以来,对准噶尔盆地周边构造和火山岩已开展大量研究,而对盆内火山岩分布、区域构造背景和后期改造的研究尚不系统、有待深入;对盆内与周缘相结合的统一研究还比较缺乏。这些问题的解决对我国西部及中亚地区火山岩油气远景评价具有重要指导意义。

《准噶尔盆地及邻区晚古生代构造演化与火山作用》是在国家重点基础研究发展计划(973)项目(2009CB219300)“火山岩油气藏的形成机制与分布规律”研究成果基础上,组织编写的《火山岩油气藏的形成机制与分布规律研究丛书》之一。本书在总结现代火山理论研究进展的基础上,以新疆准噶尔盆地及邻区为主要研究对象,重点讨论该地区晚古生代火山活动的构造背景、火山活动期次与火山岩的相关特征、火山岩储层特征,并开展准噶尔与我国东部含油气火山岩盆地的地质对比研究。

本书将板块构造学应用于准噶尔区域,探究其晚古生代火山活动背景,并使用古板块再造、应力模拟等手段进行制约;将现代火山地质学理论研究应用于晚古生代火山活动与火山机构,探究其在盆地内形成、分布等规律。第一章介绍现代火山地质研究进展;第二章介绍晚古生代大地构造背景与准噶尔盆地结构特征;第三章介绍准噶尔盆地及其邻区晚古生代火山活动,为本书最主要的章节;第四章解剖准噶尔盆地及其邻区晚古生代火山岩发育特征;第五章将研究范围外延,开展准噶尔与其他含油气火山岩盆地对比研究。

本书的编写思路:以最新的火山地质基础理论为指导,以准噶尔盆地及其邻区山脉为主要研究范围,通过野外地质考察、古地磁学、地球化学、力学模拟、全球盆地

群剖面编制等手段,详细分析准噶尔盆地晚古生代的构造历史和成盆过程、盆地的(火山岩)基底特征与构造区划;使用古板块再造和应力场分析手段对其构造背景进行分析和模拟,讨论晚古生代中亚造山带与哈萨克斯坦马蹄形构造对准噶尔区域的影响;在此基础上研究该时期准噶尔盆地露头区和盆内埋藏区的火山岩岩性、岩相等问题,研究火山活动、火山机构的形成演化和风化剥蚀过程,并结合地震解释与测井分析探讨火山作用对储层的影响。本书还将准噶尔与我国其他火山岩盆地进行对比研究,讨论火山岩形成背景、火山活动、火山岩岩性岩相等方面的差异。

本书主要作者为李江海、毛翔、李维波、王洛等,参与野外考察与文字编写的人员有张立伟、贺电、刘守偈、王洪浩、张华添、高危言、程雅琳、周肖贝、杨静懿、傅臣建、塔斯肯等。在本书编写过程中,中国科学院地质与地球物理研究所刘嘉麒院士,中石化国际石油勘探开发公司冯志强副总经理,中石油大庆油田公司勘探开发研究院陈树民副院长、冯子辉总地质师、冉清昌博士,中石油勘探开发研究院朱如凯教授、李建忠教授、吴晓智博士、毛治国博士,吉林大学王璞珺教授、刘财教授、单玄龙教授、孙晓猛教授,中石油吐哈油田梁世君总地质师,大庆油田海拉尔石油勘探开发指挥部姜洪福副总指挥,中石油辽河油田研究院陈振岩总地质师,中国科学技术大学陈福坤教授,火山岩 973 项目办秘书包丽,北京大学师永民研究员、侯贵廷教授、李培军教授给予了多方支持和大力帮助,使本书能够顺利完成;在此,我们致以诚挚的谢意。

在成书过程中,作者参阅了国内外大量文献,在正文中以著者-出版年形式注明出处,在参考文献中尽量与其对应,注明著者、出版年、文献名、出版机构、期次号与卷号、页码等著录项目,但难免有所遗漏,在此,我们向所有文献作者表示感谢!

作 者

2013 年 6 月 28 日于北京大学

目 录

丛书序

前言

第一章 现代火山地质研究进展	1
第一节 火山形成的构造背景	1
第二节 火山喷发类型、模式和环境	4
一、火山喷发类型	4
二、火山喷发模式	10
三、火山在水中的喷发特征	14
第三节 火山喷发期次与旋回的划分	14
一、火山喷发期次和旋回的概念	16
二、期次与旋回的划分原则	16
第四节 火山机构类型及其分布	17
一、火山机构基本概念	17
二、火山机构分类	19
三、火山机构叠置方式	25
四、火山机构的地震相模式	25
第五节 火山岩岩相及其分布	26
一、火山岩相与相组合	26
二、不同岩相、亚相的上下叠置关系	27
三、火山岩相地震相模式	29
第六节 火山活动与断裂	31
一、火山机构与断裂带的关系	31
二、断裂、古地貌对火山机构分布的影响	32
三、构造和古地貌对火山机构的改造	33
四、火山机构与火山岩的后期改造	33
第七节 小结	35
第二章 晚古生代大地构造背景与准噶尔盆地结构特征	37
第一节 古地磁学进行古板块重建和运动学研究的基本原理	37
一、古地磁学的几个重要概念	37
二、古地磁极	40
三、视极移曲线	41
四、古地磁欧拉极	42

第二节 晚古生代全球板块再造	43
一、全球晚古生代板块构造	43
二、晚古生代板块聚合特征	47
第三节 泛大陆球壳模型研究	54
一、构造背景	54
二、模型设定	54
三、模拟结果及讨论	55
第四节 准噶尔板块晚古生代板块再造	58
一、中亚晚古生代古板块再造	58
二、中亚盆地群的岩相古地理恢复	60
第五节 中亚造山带	64
一、中亚造山带概述	64
二、北疆石炭系火山岩系产出环境	64
三、亚洲盆地群结构特征	66
第六节 哈萨克斯坦马蹄形构造及其力学模拟	68
一、哈萨克斯坦马蹄形构造概述	68
二、哈萨克斯坦马蹄形构造力学模拟	70
第七节 准噶尔盆地结构特征	72
一、地球物理与遥感特征	72
二、盆地基底特征	76
三、盆地边界与构造单元划分	77
四、准噶尔板块晚古生代构造应力场模拟	81
第八节 小结	85
第三章 准噶尔盆地及其邻区晚古生代火山活动	88
第一节 火山机构及其旋回期次研究	88
一、旋回(段)的划分对比及标志	88
二、东准白碱沟野外剖面火山喷发旋回研究	90
三、井下喷发期次划分对比及标志	92
第二节 准噶尔盆地火山机构分布及其特征	94
一、准噶尔盆地及其邻近地区火山机构分布	94
二、准噶尔盆地火山机构(火山岩)发育环境	113
三、古火山机构类型	118
四、古火山机构的野外形态与识别	122
五、古火山机构的测井、地震识别	124
第三节 小结	124
第四章 准噶尔盆地及其邻区晚古生代火山岩发育特征	126
第一节 准噶尔盆地露头区火山岩特征	126
一、准噶尔盆地露头区火山岩岩性特征	126

二、准噶尔盆地露头区火山岩展布特征	126
第二节 准噶尔盆地埋藏区火山岩特征	128
一、岩心及其镜下特征	130
二、岩性的测井响应特征	136
三、岩性组合的地震响应特征	138
四、连井地震剖面及地层对比	140
五、岩性的分布预测	142
第三节 准噶尔盆地火山岩分布时限与风化模式	146
一、准噶尔盆地火山岩分布时限	146
二、准噶尔盆地隆起区石炭系火山岩顶面不整合及其储层意义	149
第四节 准噶尔盆地火山岩相模式	159
一、准噶尔盆地火山岩相分布	159
二、准噶尔盆地理想火山岩相模式	161
三、准噶尔盆地实际岩相模式	161
四、岩相测井响应特征	165
五、岩相的地震响应特征	165
六、岩相的地震属性特征	168
七、平面相展布及有利相带展布预测	169
第五节 小结	170
第五章 准噶尔与其他含油气火山岩盆地对比研究	172
第一节 东部典型火山岩盆地概述	172
一、松辽盆地火山岩发育的构造背景	172
二、松辽盆地火山岩发育特征	176
三、松辽盆地火山岩岩相组合模式	184
四、松辽盆地火山机构特征及分布	185
五、断裂对营城组火山机构的控制和改造	188
第二节 东西部火山岩盆地对比研究	188
一、构造背景、构造演化与盆地伸展动力机制	189
二、火山旋回与火山岩相	190
三、火山岩岩性与时代	193
四、火山喷发环境、方式及其与断裂的联系	194
第三节 小结	196
参考文献	198

第一章 现代火山地质研究进展

第一节 火山形成的构造背景

全球范围内，距今一万年以来有过活动的火山有 1300 余座，实例见于意大利、菲律宾、印度尼西亚、美国、墨西哥、新西兰等地。其中有 500 多座层状活火山，以中酸性熔岩流或火山碎屑岩形成复合火山，多发育在俯冲带火山岛弧地区，也见于裂谷带、大洋中脊翼部；全球汇聚型边缘的火山多见于环太平洋和地中海地区（图 1-1）；仰冲板块的主动边缘上发育大陆或大洋火山链，如南美和阿留申火山，与板块俯冲过程相关。此外，在裂谷、热点等环境也可形成火山。世界上两类主要的火山环境，岛弧火山和大陆裂谷火山都与俯冲板块有关，主要的特征对比见表 1-1。

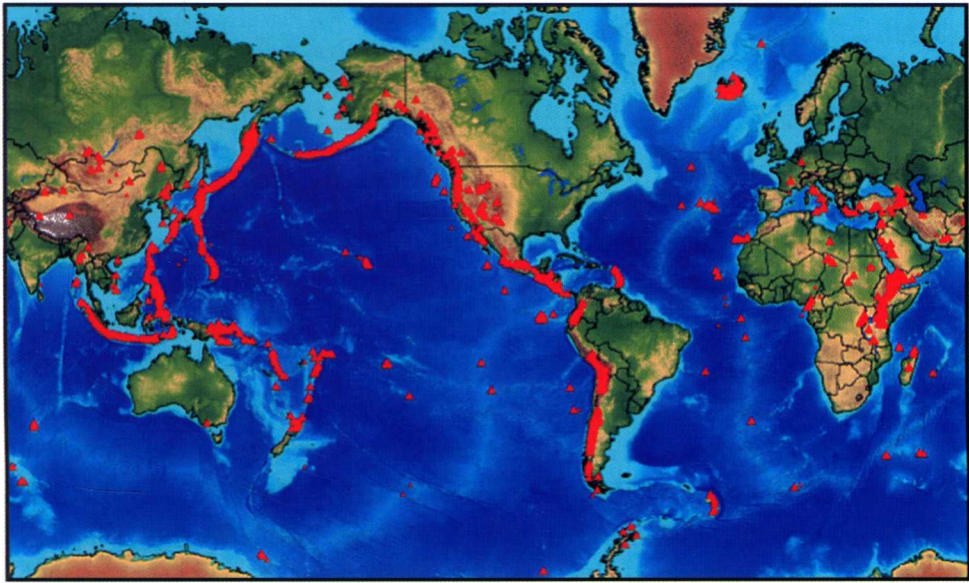


图 1-1 全球火山分布示意图①（图中红色区域标示）

① Global Volcanism Program; http://www.volcano.si.edu/world/find_regions.cfm

表 1-1 岛弧-弧后盆地与大陆裂谷环境的火山特征对比

	岛弧-弧后盆地	大陆裂谷
发育	岩浆活动距海沟轴约 150 ~ 300km，平行于海沟成弧形展布；大规模的火山活动形成层状火山，随着火山的生长，其逐渐高出海面并由海相（海底）向陆相（剥蚀）演化	断陷内为主，规模大小不一，持续陆相环境，大面积陆相玄武岩喷发
沉积	相对周围构造环境（海底）持续高地貌，与沉积渐变不明显，熔岩流动发育，后期被剥蚀。岛弧火山沉积物由火山岩屑、侵入岩及变质岩屑构成的砂岩、泥岩经常与火山岩互层。弧后火山沉积物源具双向性，靠近大陆一侧发育浅水碎屑岩和碳酸盐岩沉积；岛弧侧发育大量火山碎屑岩与火山熔岩，并与碎屑流、浊积沉积和深水相沉积共生，沉积作用方式多，沉积速率较高。沉积序列上具有下粗上细的双层结构特征	相对周围构造环境（裂谷外围）总体低地貌，与沉积渐变明显，熔岩流动不发育，后期被埋藏。有大面积、巨厚层的火山熔岩、凝灰岩沉积，在剖面上可夹有沉积岩夹层，有的形成大面积玄武岩
火山	火山机构类型多样，火山机构普遍保存不完整、强烈爆发	火山机构普遍保存完整、火山机构简单。裂前拱阶段形成中心式火山，喷出岩分布在裂谷边部的台地上；裂谷期的则分布在裂谷轴部地带，在谷底发育广阔的溢流熔岩和低矮的盾形火山，对称的环带分布
组合	岛弧火山岩高 K_2O 、 Al_2O_3 ，低 TiO_2 ，包括玄武岩、英安岩、安山岩、流纹岩。以爆发相为特征，火山碎屑非常发育（海底爆发产物）	碱性岩组合或双峰火山杂岩组合，包括玄武岩、流纹岩
实例	新西兰陶波湖、日本、地中海、马里亚纳、准噶尔	东非裂谷、冰岛、松辽盆地

中国缺少现代火山活动，火山活动主要集中在中生代和新生代。中国东部在晚中生代和新生的两期规模巨大的裂陷作用，都与环太平洋板块向欧亚大陆俯冲有关。中国东部的太平洋构造域是在晚古生代古亚洲洋沿天山—北山—锡林浩特一带先后闭合，洋盆封闭后开始发育的；东部岩石圈、软流圈呈块体相嵌结构（李廷栋，2006）。这两期大规模裂陷作用的俯冲方向和速度不同，在东亚大陆边缘产生了不同方向的应力场（李思田，1997；杨宝俊等，2003）。其中，中生代是中国东部最重要的构造变革时期，太平洋构造域开始发展，致使东部地区处于不平衡的挤压状态，其内部各块体发生不同性质和不同方向的碰撞事件，侏罗纪早期逐渐形成了挠曲类盆地与造山带相间分布的构造格局（李思田，1997）。

三叠纪—中侏罗世，中国东北广大地区处于挤压隆升状态；晚侏罗世—早白垩世，东北地区受太平洋板块（145 ~ 135Ma）和伊泽奈崎板块（135 ~ 110Ma）俯冲作用影响，东亚大陆边缘发生了大规模不平衡的断陷作用，区域呈现强烈的钙碱性火山活动和大规模的伸展断陷形成，相继形成了一系列断陷盆地，包括松辽断陷盆地群和华北

断陷盆地群等(譙汉生等, 1999; 杜旭东, 1999)。

中、晚侏罗世—早白垩世, 太平洋板块向东亚大陆正向俯冲, 伊泽奈崎—库拉板块向北俯冲, 东部陆缘受北西向挤压应力作用, 形成了北东向压扭性左旋平移构造和一系列中生代断陷盆地。早期区域地壳抬升, 遭受剥蚀; 晚期区域再次发生大规模挤压作用, 盆地发生裂陷作用, 形成大规模中酸性的火山岩。

晚白垩世开始, 伊泽奈崎板块北北西向加速对东亚大陆边缘俯冲, 区域呈北北东向张性环境, 整体开始拗陷。库拉板块向正西方向俯冲, 太平洋板块转为北西西向俯冲, 东部陆缘处于右旋张性环境, 形成一系列新生代裂陷盆地。

晚白垩世—新近纪, 太平洋板块以低角度深入亚洲大陆内部, 形成了北北东向张性构造环境; 伴随着西太平洋一系列边缘海形成产生的强大引张力, 大陆上也发育一系列断陷和拗陷盆地。

中新世到更新世的 2000 万年间, 中国东北地区广泛发育火山活动, 数以百计的火山群和火山锥构成环太平洋火山链的一部分。欧亚大陆板块和太平洋板块相互作用, 在活动陆缘后方形成裂谷带, 因此中国东北的大陆裂谷构造和俯冲带中的挤压构造同时产生。在大陆裂谷的持续拉张作用下, 主要裂谷作用阶段开始时, 区域出现强烈的线性断裂作用, 基底被强烈破碎成断块, 断块下降的同时轴部地堑带的边缘部分上升, 其裂谷作用与活动陆缘的发展关系密切。

近期对东北亚地震和地球化学的研究显示, 尽管中国东北五大连池火山活动发生在距离太平洋板块俯冲区日本海沟和岛弧以西约 1800km 的区域, 它仍有可能处于某种弧后俯冲环境。这一证据表明太平洋板块向西俯冲到欧亚板块下面, 然后再在 400 ~ 600km 深的地方(地幔过渡区)拉平, 并在东北亚下面停滞和拱起。新的模型说明这一地区的火山活动是地幔熔融和上涌的结果, 而造成这种情况的原因则是停滞板块的深部水合作用或地幔楔中的减压熔融和对流循环。由此, 中国东北地区深部地壳板块上拱, 从而产生地幔上涌, 发育火山活动。

东北亚火山活动的动力机制以大陆裂谷为主。从白垩纪晚期到现代, 中国东北地区火山活动的高峰期在中新世中期和第四纪, 它们受大陆裂谷系的控制(图 1-2), 从裂谷中央向西侧呈递进式发展, 中间老、两侧新, 越向外、向大陆边缘一侧火山活动的时代越新。东亚大陆裂谷系在中国境内主要由五条裂谷组成, 其中于晚白垩世—古近纪形成的松辽—下辽河—冀中裂谷包括了松辽地堑, 即松辽盆地。松辽盆地形成于晚侏罗世到早白垩世, 基底为海西褶皱系。东亚大陆裂谷系的形成和发展, 是由中央的松辽—下辽河—冀中裂谷向两侧, 特别向东侧逐渐展开的。在晚侏罗世到早白垩世, 松辽—下辽河—冀中裂谷发生拗陷并接受大量河—湖相沉积, 晚白垩世到古新世裂谷开始张开。

古近纪火山活动多发生在东北大陆裂谷系中央, 松辽盆地是其主要分布地区之一。除松辽盆地南端双辽一带的七星山火山保存完好外, 其他地区的火山熔岩多与沉积物互层, 以弱碱性玄武岩及拉斑玄武岩岩浆溢流为主。新近纪火山活动活跃, 到第四纪初一度沉寂, 从早更新世中期起再度活跃, 至中更新世出现新的高潮, 松辽盆地有大规模的岩浆活动。

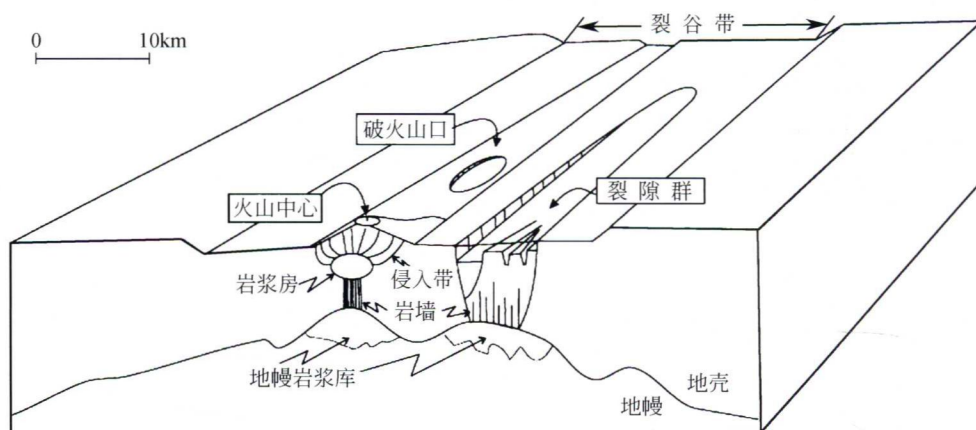


图 1-2 裂谷内的火山机构及地貌示意图 (Gudmundsson, 1995; Canon-Tapia and Walkerb, 2004)

概括来说,大陆边缘裂谷是由大洋板块俯冲在地幔楔中引起的地幔上涌所形成的,这种裂谷作用对岩浆来源于地幔的深度起控制作用。板块俯冲作用促使大陆边缘裂谷的产生,裂谷的产生和发展又对板块原先的俯冲作用产生新的制约条件。东亚裂谷系中火山活动及其原始岩浆的性质,可以反映板块俯冲、裂谷作用和火山活动三者密切相关,对松辽盆地火山岩及地质发展起着重要作用。

由于张性的构造环境造成断裂上盘不断下降,区域沉降形成盆地,不断沉降并逐渐覆盖断陷内先期形成的火山机构,因此松辽盆地内的火山机构并非出露地表形成高地形,而需要通过火山岩测井、地震剖面及其他综合地球物理手段识别地下的火山机构。

第二节 火山喷发类型、模式和环境

一、火山喷发类型

在世界范围内,火山喷发类型的决定因素主要包括岩浆成分(SiO_2 含量,图 1-3)、挥发分含量、温度和黏度。例如,玄武质岩浆含 SiO_2 成分低、挥发分相对少、温度高、黏度小、流动性大,火山喷发相对较宁静,多为岩浆的喷溢,可形成大面积的熔岩台地和盾形火山(图 1-4);而流纹质和安山质岩浆富含 SiO_2 和挥发分,其温度低、黏性大、流动性差,因此火山喷发猛烈,爆炸声巨大,有大量的火山灰、火山弹喷出,常形成高大的火山碎屑锥,并伴有火山碎屑流和发光云现象,往往造成重大灾难。

此外,根据岩浆喷出时的构造环境不同,如是在陆上还是水下、在洋脊还是在板内、在岛弧还是在碰撞带等,火山喷发的特点也各不相同(表 1-2)。

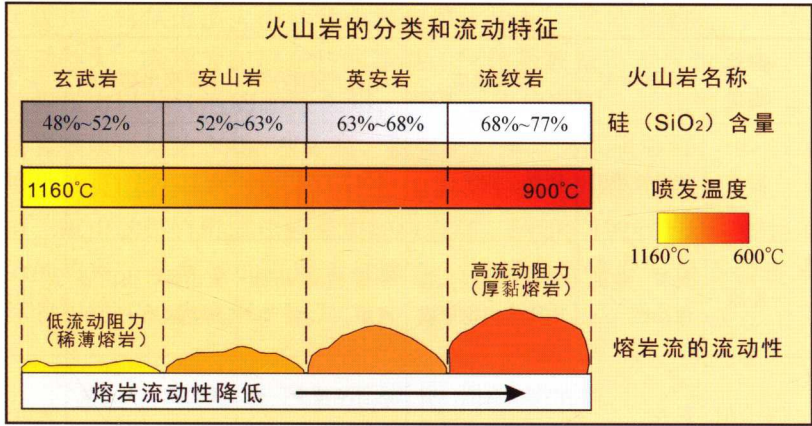


图 1-3 火山熔岩黏度对比图①

显示黏度和硅含量之间的直接关系。玄武岩拥有最低的硅含量和最低的黏度，流纹岩有最高的硅含量和最高的黏度。熔岩流黏度和喷发温度之间为相反的对对应关系

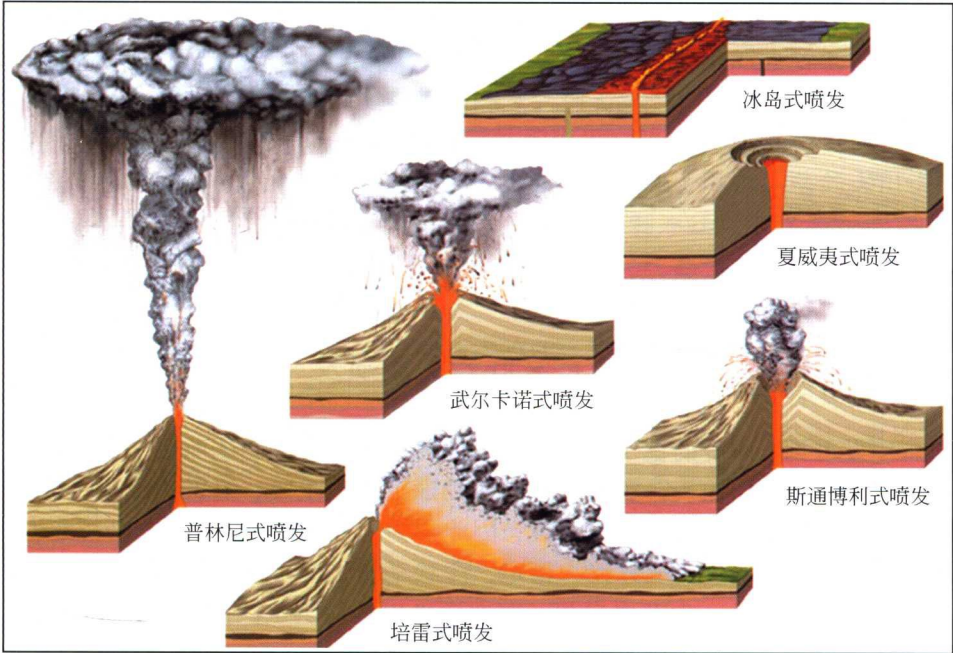


图 1-4 火山喷发类型示意图（大英百科网络版，2006）

表 1-2 火山喷发类型分类（Mursky, 1996）

火山类型 (典型火山)	活动 类型	岩浆类型	爆发强度	溢流产物特点	主要喷出物性质	构造特征
冰岛式（冰 岛）	溢流	流动性最强	很弱；以岩 浆为主	大量，分布广泛	火山灰很少，主 要为火山弹和流 体凝块	多为广阔的熔岩 平原或非常平缓 的熔岩锥

① <http://volcanoes.usgs.gov/images/pglossary/VolRocks.php>

续表

火山类型 (典型火山)	活动 类型	岩浆类型	爆发强度	溢流产物特点	主要喷出物性质	构造特征
夏威夷式 (基 劳伊亚, 夏威夷)	溢流	流动性很强	较弱; 岩浆型	较薄但流动很远	同上	很平缓的火山锥
斯通博利式 (斯通博利, 意大利)	溢流	具有一定的 流动性	较弱到猛烈; 有 固体喷出物形成	较厚但流动距 离短	火山弹、火山渣 和玻璃质火山灰	火山渣锥
武尔卡诺式 (武尔卡诺, 意大利)	混合型	黏性	中等到猛烈; 有 固体喷出物形成	熔岩流较少, 火 山灰也不多	火山弹、火山灰 和浮石	火山灰、凝块锥
培雷式 (培 雷火山, 马提 尼克岛)	混合型	黏性	中等到猛烈, 经 常出现崩塌	形成穹顶, 可能 伴随较薄的熔 岩流	同上	火山穹隆、火山 灰凝块锥
普里宁式 (维苏威火 山, 意大利)	混合型	黏性	大量火山灰; 崩 塌形成破火山口	火山灰沉积	玻璃质火山灰和 浮石	很少形成火山锥, 多为广阔的火山 灰沉积
井喷式 (万烟 谷, 阿拉斯 加)	爆发型	黏性	大量火山灰	可形成几万立方 英里的火山灰	同上	平缓的坡地, 多 发育破火山口

(一) 玄武岩泛流喷发

这种喷发可见于印度的德干高原、北美的哥伦比亚高原，岩浆沿一个方向的大断裂或断裂群上升并喷出地表，有的从窄而长的通道全面上喷；有的火山呈一字形排列分别喷发，但向下则相连成为墙状通道，因此称为“裂隙喷发”。喷发以玄武岩为主，流动方向近于平行，厚度及成分较为稳定，产状平缓，常形成熔岩高原。因玄武岩流动性大，熔岩喷出量大，少有爆发相，在地形平坦处似洪水泛滥，四处流溢、分布面积广，所以又称“玄武岩泛流喷发”。

例如，1783 年冰岛的拉基火山喷发，从长 25km 的裂隙中喷出约 12km³ 的熔岩及 3km³ 的火山碎屑物，覆盖面积达 565km²。美国亚利桑那州的威廉峪谷，从 120m 宽的裂隙中一次性流出熔岩，形成 14km×22km 的高原，厚度最大达 240m。我国贵州、云南、四川的二叠纪玄武岩（260000km²）及河北省的汉诺坝（1700km²）也都是玄武岩泛流喷发。

(二) 夏威夷式喷发

夏威夷式喷发 (Hawaiian eruption) 属于热点火山，以美国夏威夷岛为代表，特点