

文章编号: 1000-3754 (2007) 04-0017-06

松辽盆地深层火山岩岩性分类方案

王璞珺¹, 郑常青¹, 舒萍², 刘万洙¹, 黄玉龙¹, 唐华凤¹, 程日辉¹

(1. 吉林大学 地球科学学院, 吉林 长春 130061; 2. 大庆油田有限责任公司 勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712)

摘要: 在分析国内外火山岩分类研究的历史和现状基础上, 依据对近 15 年来大庆深层 127 口钻遇火山岩探井和盆缘剖面的研究资料, 提出松辽盆地深层火山岩及沉积岩、变质岩的分类方案。将火山岩类划分为火山熔岩、火山碎屑熔岩、火山碎屑岩和沉火山碎屑岩四类。前两者是冷凝固结成岩, 其孔渗等物性特征与埋深无关; 后两者为压实固结成岩, 其物性随埋深增加而变差。珍珠岩、黑耀岩和松脂岩等玻璃质熔岩以酸性为主, 中基性者也常见。隐爆角砾岩和具熔结结构的岩石均属于火山碎屑熔岩类。

关键词: 松辽盆地; 深层油气勘探; 火山岩储层; 沉积岩变质岩; 冷凝固结压实固结; 岩石分类
中图分类号: TE122 文献标识码: A

Classification of deep volcanic rocks in Songliao Basin

WANG Pu jun, ZHENG Chang qing, SHU Ping, LU Wan zhu,
HUANG Yu long, TANG Hua feng, CHENG Ri hui

(1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China;

2. Exploration and Development Research Institute of Daqing Oilfield Company Ltd., Daqing 163712, China)

Abstract: History and situation about classification of volcanic rocks have been summarized. Based on core sections from 127 wells cutting through J-K₁ volcanic rocks and outcrops around the basin, a lithologic classification has been proposed for the deep basin volcanic rocks as well as sedimentary and metamorphic rocks of the northern Songliao Basin. Volcanic lavas, breccia-bearing lavas, pyroclastic rocks and tuffites are classified and described in detail. The former two rocks are consolidated by cooling and the latter two ones by compaction. The two different ways of lithification, cooling or compaction, are crucial in determining reservoir features of volcanic rocks. Porosity and permeability of the volcanic rocks lithified by cooling will not be affected by their buried depth, while those by compaction will lose their porosity and permeability with increasing buried depth. Perlite, obsidian and pitchstone are volcanic glass having the same compositions commonly with rhyolite as well as andesite and basalt. Blind explosive breccias and welded volcanics belong to breccia-bearing lavas in the classification.

Key words: Songliao Basin; deep basin gas exploration; volcanic reservoir; sedimentary and metamorphic rocks; lithification by cooling/compaction; lithologic classification

自 20 世纪 90 年代初, 松辽盆地北部深层勘探中钻遇愈来愈多的火山岩^[1,2]。截至 2006 年底, 仅在徐家围子地区就有 127 口井钻遇火山岩, 加上滨北、常家围子等地区的探井, 钻遇火山岩的探井已超过 200 口。由于火山岩分类方案不一致, 录井、勘探、开发以及各外协科研院所都采用各自的分类、命名体系, 出现了同名异意和同意异名等问题。本文在比较国内外火山岩分类的基础上, 依据区内钻井揭示火山岩的实际状况, 尤其考虑岩性分类便于岩相和储层研

究, 提出针对松辽盆地北部储层研究的火山岩分类方案, 以期逐渐完善该区火山岩分类, 促进研究和产业化进程。为了便于应用和保持分类体系的完整性, 将该区深层已出现或可能出现的沉积岩和变质岩也列入分类表中。

1 火山岩分类研究的历史和现状

火山岩熔岩分类有两个基本方向: 一是用矿物成

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40372066)、高等学校博士学科点专项研究基金项目 (20030183042) 资助。

收稿日期: 2007-03-12

作者简介: 王璞珺 (1959—), 男, 黑龙江绥滨人, 教授, 博士生导师, 从事油气地质勘查和盆地火山岩研究。

分进行分类；二是岩石化学成分分类。火山岩由于结晶颗粒细小、难以定量统计组成矿物含量，因此所谓的矿物成分分类是指用化学成分计算标准矿物组成，然后借用深成岩的矿物成分双三角分类图进行火山岩的分类^[3]。岩石化学成分分类是指用常量元素^[4]或微量元素^[5]划分火山岩类型。

早在 1903 年，Cross 等就提出火成岩的定量分类系统 (C. I. P. W. nom. system)。该系统将岩石常量元素百分含量转化成标准矿物组成，再由计算取得的主要造岩矿物含量用投影图确定火山岩类型。其标准矿物计算方法实质上是基于钙碱性和钠系列火山岩的观测结果^[6]。问题是计算所求得的标准矿物与实际观察到的矿物并不十分吻合，尤其对于不饱和型火山岩会出现异常结果。20 世纪 30 年代，Niggli (1931) 和 Troeger (1935) 提出标准矿物计算的分子数方法，同时将橄榄石、辉石、角闪石和云母及黄长石等铁镁硅酸盐矿物组分考虑在内，通过计算模式与岩石化学成分之间的相互控制，使得计算标准与实际矿物组成趋于一致^[7-8]。但该结果只给出长石平均值，没有火山岩分类所必须的碱性长石与斜长石的比值。Rittmann (1973) 以日本岛 633 个中酸性火山岩和夏威夷岛 232 个中基性火山岩为样本，系统论述了火山岩标准矿物成分的求取方法，针对 12 种常见造岩矿物和 12 种典型火山岩就标准矿物计算步骤和相关问题进行了详细说明，完善了火山岩的标准矿物分类体系^[9]。Streckeisen (1968) 提出火成岩分类的 QAPF 双三角图 (double-triangle, 其中 Q 代表石英 quartz, A 代表碱性长石 alkali-feldspar, P 代表斜长石 plagioclase, F 代表副长石 feldspathoids)，奠定了火成岩现代分类学的基础，也是用标准矿物判别火山岩类型的主要工具^[10]。由此确定的火山岩名称与侵入岩对应^[11]，包括碱长流纹岩、流纹岩、英安岩、石英碱长粗面岩、石英粗面岩、石英粗安岩、钙碱性安山岩、钙碱性玄武岩、碱长粗面岩、粗面岩、安粗岩、橄榄粗安岩、副长石碱长粗面岩、副长石粗面岩、含副长石安粗岩、碱性玄武岩、响岩、碱玄质响岩、响岩质碱玄岩、碱玄岩、响岩质副长石岩，共 21 种^[12]。

火山岩的岩石化学成分分类主要依据常量元素含量进行分类，如全碱—硅质图 (total alkali—silica diagram)。LeMaitre 等 (1989) 对此进行了详细论述，并把火山岩分类分为 3 种情况区别对待：① 矿物含量可确定则用 QAPF 双三角图进行分类，方法和结果类似于深层岩；② 若矿物成分不可确定而有岩石化学成分结果，则用 TAS 图解分类；③ 既无矿物含量又无岩石化学成分结果时，则采用“野外用火山岩 QAPF 初步分类图解”，划分为流纹岩类、英安岩类、粗面

岩类、安山或玄武岩类、响岩类、碱玄岩类、副长石岩类，共 7 种，通常仅用于野外临时定名。

用 SiO_2 、 K_2O 、 Na_2O 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 MgO 、 TiO_2 等常量元素含量确定火山岩类型的 TAS 图解在国内外被广泛使用^[13-15]，是目前火山熔岩分类的基本依据。TAS 图中用 SiO_2 和 $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ 分别作为横、纵坐标将火山岩分为 15 种类型：流纹岩、英安岩、安山岩、玄武安山岩、玄武岩、苦橄玄武岩、粗面岩 (标准矿物石英 $Q < 20\%$) 或粗面英安岩 ($Q > 20\%$)、粗面安山岩、玄武粗安岩、粗面玄武岩、响岩、碱玄质响岩、响岩质碱玄岩、碱玄岩 (标准矿物橄榄石 $O < 20\%$) 或碧玄岩 ($O > 20\%$)、副长石岩。对其中高镁 $\text{MgO} > 18\%$ 火山岩划分为麦美奇岩 ($\text{TiO}_2 > 1\%$) 和科马提岩 ($\text{TiO}_2 < 1\%$)； $\text{MgO} > 8\%$ 和 $\text{TiO}_2 < 0.5\%$ 火山岩称为玻 (质) 古 (铜) 安山岩。根据钾钠相对含量还可划分出夏威夷岩与钾质粗面玄武岩、橄榄粗安岩与橄榄玄武粗安岩、歪长粗面岩与安粗岩等 6 亚种。根据 A 和 F 的相对含量又分出钠闪碱流质和碱流质 2 类。

国际地科联火成岩分委会 LeMaitre 等 (1989) 所定义的火山碎屑岩包括空落、流动和基浪沉积，还包括地下和火山通道沉积 (如，玻质火山碎屑岩、侵入和侵出角砾岩、凝灰岩墙、火山角砾岩筒等)。火山碎屑 (pyroclasts) 专指作为火山活动直接结果的碎裂作用而产生的碎屑，不包括熔岩流自角砾岩化而形成的碎屑颗粒。火山碎屑可以是单晶、晶屑、玻屑或岩屑。火山碎屑的形状是其主要鉴定标志，其外形是在火山碎裂作用中或碎裂后搬运到第一沉积地点时形成的，决不能有反映在后期再沉积过程中受到改造的迹象。如果有后期改造，则应称之为“改造的火山碎屑 reworked pyroclasts”或“外碎屑 epiclasts”。火山碎屑包括火山弹 (bombs)、火山集块 (blocks)、火山角砾 (lapilli) 和火山灰 (ash grains)。火山弹：平均粒径大于 64 mm，其形态和表面 (如，面包壳外表) 显示，在形成和后续搬运过程中处于全部或部分熔融状态。火山集块：平均粒径 > 64 mm，其棱角一次棱角状外形显示，它们形成时是刚性的。火山 (角) 砾：任意形态、平均粒径为 64 ~ 2 mm 的火山碎屑。火山灰：平均粒径 < 2 mm 的火山碎屑，可进一步分为粗火山灰 (2 ~ 1/16 mm) 和细火山灰 ($< 1/16$ mm，也叫火山尘)。LeMaitre 等 (1989) 将火山碎屑体积含量大于 75% 的岩石定义为火山碎屑岩，其分类按粒度和碎屑成分分别进行。粒度大于 64 mm 为火山集块岩 (agglomerate) 和火山碎屑角砾岩 (pyroclastic breccia)，粒度在 64 ~ 2 mm 为火山角砾凝灰岩 (lapilli tuff)，粒度在 2 ~ 1/16 mm 为粗 (火山

灰)凝灰岩 (coarse ash tuff; 粒度 $< 1/16$ mm 为细(火山灰)凝灰岩或(火山)尘凝灰岩 (fine ash tuff or dust tuff)。成分分类是依据玻屑或浮岩、晶屑、岩屑三端元含量分别冠以 $\times\times$ 凝灰岩,三者相对多者作前缀。例如,以晶屑为主则命名为晶屑凝灰岩。

在国际地科联推荐分类方案之前,中国学者就结合中国实际探索火山岩分类方案^[16-18]。王德滋和周新民于1982年依据中国东南地区火山岩研究经验提出了系统详尽的火山岩分类方案^[19],首先把火山岩分为火山熔岩、火山碎屑熔岩、火山碎屑岩、火山碎屑沉积岩四大类。火山熔岩按 SiO_2 含量分为五大类:酸性、中酸性、中性、基性和超基性。再根据 SiO_2 对全碱 ($N_3O + K_2O$) 和 CaO 的关系,细分为流纹岩、英安流纹岩、英安岩、安山岩、安粗岩、粗面岩、响岩、拉斑玄武岩、碱性橄榄玄武岩、碧玄岩、苦橄岩、霞石岩、镁绿岩,共13种。火山碎屑熔岩、火山碎屑岩、火山碎屑沉积岩,按粒度 (> 50 mm, $50 \sim 2$ mm, < 2 mm) 分为集块、角砾、凝灰3种基本类型。该分类中强调了火山碎屑熔岩,这是十分可取的,很符合松辽盆地实际情况。中国地质学会岩石专业委员会火山岩分类命名小组分类中也单独划分出火山碎屑熔岩^[16]。本文分类中吸收了这一分类思想。

2 深层火山岩及其他岩石分类方案

随着资料的快速积累以及火山岩勘探的连续突破和产业化进程的突飞猛进,录井、测井、勘探、开发、评价等方面在岩性定名方面的差异逐渐突显,已经给生产和科研带来诸多不便,成为制约火山岩油气勘探发展的瓶颈问题。诸如凝灰岩的界定、熔结结构火山岩的归类 and 定名、珍珠岩的归类和主要类型等等,由于没有适合该区的统一的岩石分类体系和鉴定标准,因此出现同一段岩心多种名称的混乱情况。另外,以往的纯岩类学分类中不注重成岩方式,而冷凝固结或压实固结恰恰是影响火山岩类储层物性及其变化规律的决定性因素,针对两种不同的成岩方式形成的岩石要用不同的勘探思路。冷凝固结的岩石的孔隙度和渗透率不受后期埋深影响,埋深超过 3 000 m 时相对物性明显好于沉积岩,而压实固结的火山岩碎屑岩类在深层 ($> 3 000$ m) 则均为致密的无效储层。因此,成岩方式是盆地火山岩分类中必须考虑的重要因素,根据 127 口探井和盆缘剖面火山岩特点,提出松辽盆地深层火山岩及其它岩类的分类方案(表 1)。

2.1 松辽盆地火山岩分类原则

一级分类:按岩石结构、成因将本区火山岩划分为4大类:火山熔岩类、火山碎屑熔岩类、火山碎屑岩

类、沉火山碎屑岩类。

二级分类:参考 LeMaitre 等 (1989) 划分界线,针对该区岩性分布特点,按岩石常量元素化学成分划分为玄武质、安山质、流纹质等5类。划分标准如下:基性岩类 SiO_2 为 45% ~ 52%,玄武质;中基性岩类 SiO_2 为 52% ~ 57%,玄武安山质;中性岩类 SiO_2 为 57% ~ 63%,安山质;中酸性岩类 SiO_2 为 63% ~ 69%,英安质;酸性岩类 $SiO_2 > 69%$,流纹质。

三级分类:按矿物成分、特征结构、火山碎屑粒级及其比例确定具体岩石类型。

2.2 火山熔岩类

是熔浆喷溢至地表经“冷凝固结”而成的岩石,具有火山熔岩结构。这类岩石多为半晶质,矿物颗粒细,常具有斑状结构、玻基斑状结构。其中斑晶单个晶体矿物肉眼(或借助放大镜)能够识别,大部分基质中的矿物肉眼不能识别,常含玻璃质和隐晶质,酸性岩的基质多具霏细结构、球粒结构、显微文象结构、细晶结构,中基性岩的基质多具交织结构、粗面结构、间粒结构等。常见流纹构造、气孔构造和杏仁构造及块状构造。火山熔岩类基质中分布的火山碎屑 $< 10%$ (指碎屑占火山岩总体积的百分比,下同)。

2.3 火山碎屑熔岩类

(1) 具有碎屑熔岩结构的火山碎屑熔岩

主要指火山碎屑物被熔浆胶结、冷凝固结形成的岩石,是介于熔岩与火山碎屑岩之间的过渡性岩石,实质上属于火山熔岩类。因为刚性岩块之间起胶结作用的是塑性熔浆,其成岩过程仍然属于“冷凝固结”成岩。这类熔岩基质中分布的火山碎屑 $> 10%$ (上限不限,但通常小于 90%)。根据火山碎屑粒径的不同划分为集块熔岩(碎屑粒径 > 64 mm)、角砾熔岩(碎屑粒径为 64 ~ 2 mm)和凝灰熔岩(碎屑粒径 < 2 mm)。

(2) 具有熔结结构的熔结火山碎屑熔岩

指由刚性和塑性物质构成的炽热火山碎屑流,在重力流动和负荷压力的共同作用下,在沿地表流动、堆积过程中碎屑物(尤其是塑性组分)发生变形、扁平化、粘合、凝聚等熔结作用,最终使得火山碎屑物质彼此“焊接”导致“冷凝固结”成岩。其碎屑物质包括火山作用中熔岩被粉碎而形成的炽热可塑性的熔浆碎屑(浆屑)和玻屑、火山尘、熔浆向上运移过程中先期结晶的晶屑以及灼热的刚性岩屑。特征的结构构造为熔结凝灰结构、熔结角砾结构和假流纹构造。熔结火山碎屑熔岩基质中分布的火山碎屑 $> 10%$ (小于 10% 者划归到火山熔岩类)。根据火山碎屑粒径的不同分别划分为熔结集块熔岩(主碎屑粒径大于 64 mm)、熔结角砾熔岩(主碎屑粒径为 64 ~ 2 mm)和熔结凝灰熔岩(主碎屑粒径小于 2 mm)。

表 1 松辽盆地深层岩石 (火山岩) 分类表
Table 1 Classification of volcanic rocks of Songliao Basin

结构大类		成分大类	基本岩石类型	特征矿物组合或碎屑组分	
火山熔岩类 (熔岩基质 中分布的火山碎屑 < 10%, 冷凝固)	熔岩结构	基性 SO_2 45% ~ 52% 中基性 SO_2 52% ~ 57% 中性 SO_2 52% ~ 63% 中酸性 SO_2 63% ~ 69% 酸性 SO_2 > 69%	玄武岩 / 气孔杏仁玄武岩 玄武安山岩 / 玄武粗安岩 安山岩 粗面岩 / 粗安岩 英安岩 流纹岩 / 碱长流纹岩 球粒流纹岩 / 气孔流纹岩 / 石泡流纹岩	基性斜长石、辉石、橄榄石 中基性斜长石、辉石、角闪石 中性斜长石、角闪石、黑云母、辉石 碱性长石、中性斜长石、角闪石、黑云母、辉石 中酸性斜长石、石英、碱性长石、黑云母、角闪石 碱性长石、石英、酸性斜长石、黑云母、角闪石 碱性长石、石英、酸性斜长石、黑云母、角闪石	
	玻璃质结构	一般为酸性 SO_2 > 63%, 基性、中性都有	珍珠岩 / 黑耀岩 / 松脂岩 / 浮岩 依据化学成分冠以流纹质 / 安山质 / 玄武质等	常见石英和长石斑晶 (雏晶); 亦可见黑云母、角闪石、辉石、橄榄石等斑晶	
火山碎屑熔岩类 (熔岩基质中分布的火山碎屑 > 10%, 冷凝固)	熔结结构或碎屑熔岩结构	基性 SO_2 45% ~ 52% 中基性 SO_2 52% ~ 63% 中酸性 SO_2 63% ~ 69% 酸性 SO_2 > 69%	玄武质 (熔结) 凝灰 / 角砾 / 集块熔岩 安山质 (熔结) 凝灰 / 角砾 / 集块熔岩 英安质 (熔结) 凝灰 / 角砾 / 集块熔岩 流纹质 (熔结) 凝灰 / 角砾 / 集块熔岩	基性斜长石、辉石、橄榄石 中性斜长石、角闪石、黑云母、辉石 中酸性斜长石、石英、碱性长石、黑云母、角闪石 碱性长石、石英、酸性斜长石、黑云母、角闪石	
	隐爆角砾结构	基性—中性—酸性	玄武质隐爆角砾岩 安山质隐爆角砾岩 粗安质隐爆角砾岩 流纹质隐爆角砾岩	基性斜长石、辉石、角闪石 中性斜长石、角闪石、黑云母、辉石 碱性长石、中性斜长石、角闪石、黑云母、辉石 碱性长石、石英、酸性斜长石、黑云母、角闪石	
火山碎屑岩类 (火山碎屑 > 90%, 压实固结)	火山碎屑结构	基性 SO_2 45% ~ 52% 中基性 SO_2 52% ~ 57% 中性 SO_2 52% ~ 63% 中酸性 SO_2 63% ~ 69%	玄武质凝灰 / 角砾 / 集块岩 玄武安山质角砾岩 安山质凝灰 / 角砾 / 集块岩 英安质凝灰 / 角砾岩	碎屑中: 基性斜长石、辉石、橄榄石 碎屑中: 中基性斜长石、辉石、角闪石 碎屑中: 中性斜长石、角闪石、黑云母、辉石 碎屑中: 中酸性斜长石、石英、碱性长石、黑云母、角闪石	
		酸性 SO_2 > 69%	流纹质 (晶屑玻屑) 凝灰岩 流纹质 (岩屑浆屑) 角砾 / 集块岩	碎屑中: 碱性长石、石英、酸性斜长石、黑云母、角闪石 碎屑中: 碱性长石、石英、酸性斜长石、黑云母、角闪石	
		蚀变火山灰通常 SO_2 > 63%	沸石岩, 伊利石岩, 蒙脱石岩 膨润土	沸石, 伊利石, 蒙脱石	
沉火山碎屑岩类 (火山碎屑 90% ~ 50%, 压实固结)	沉火山碎屑结构	碎屑 < 2 mm	火山碎屑为主	沉凝灰岩	火山灰 (岩屑、晶屑、玻屑、火山尘), 外碎屑 (石英、长石)
		碎屑 > 2 mm		沉火山角砾 / 集块岩	火山弹、火山角砾、火山集块、外来岩屑
沉积岩 (火山碎屑 < 50%) 当火山碎屑含量 50% ~ 10% 时冠以凝灰质 × 岩	碎屑结构	碎屑 > 2 mm	陆源碎屑为主、火山碎屑为辅	砾岩	岩屑、长石、石英
		碎屑 2 ~ 0.063 mm		砂岩	长石、石英、岩屑、云母、角闪石
	碎屑 0.063 ~ 0.0039 mm	粉砂岩	石英、长石、粘土矿物		
泥状结构	碎屑 < 0.0039 mm	粘土质、有机质	泥岩 / 页岩 / 油页岩 煤	粘土矿物、石英、长石、碳质 有机显微组分, 粘土矿物、碳酸盐矿物、石英、黄铁矿	
浅成岩	结晶结构	基性	辉绿岩	基性斜长石、辉石、橄榄石	
		中性 酸性	闪长玢岩 / 正长斑岩 花岗斑岩	中性斜长石 / 碱性长石、角闪石、黑云母、辉石 碱性长石、石英、酸性斜长石、黑云母、角闪石	
深成岩	结晶结构	基性	辉长岩	基性斜长石、辉石、橄榄石	
		中性 酸性	闪长岩 / 正长岩 花岗岩	中性斜长石 / 碱性长石、角闪石、黑云母、辉石 碱性长石、石英、酸性斜长石、黑云母、角闪石	
变质岩	变余结构	板岩类	砂质板岩、泥质板岩、炭质板岩	砂质、泥质、炭质	
	变晶结构	千枚岩类	绢云母千枚岩、绿泥石千枚岩	绢云母、绿泥石、石英、钠长石	
		片岩类	云母片岩、绿片岩、石英片岩	云母、绿泥石、阳起石、石英、长石、滑石	
		片麻岩类	长英质片麻岩	钾长石、斜长石、石英、云母、角闪石、辉石	
碎裂、糜棱组构	动力变质岩类	碎裂岩、糜棱岩	石英、长石、绢云母、绿泥石		

注释: ①分类表中 SO_2 含量的划分区间: 基性岩 SO_2 45% ~ 52%; 中基性岩 SO_2 52% ~ 57%; 中性岩 SO_2 52% ~ 63%; 中酸性岩 SO_2 63% ~ 69%; 酸性岩 SO_2 > 69% 是根据 1989 年国际地科联推荐的火山岩 TAS 分类方案划分的; ②火山碎屑的粒级划分: 火山集块 > 64 mm; 火山角砾 64 ~ 2 mm; 火山凝灰 < 2 mm。碎屑含量均指火山碎屑的体积含量百分比; ③特征矿物组合在火山熔岩或火山碎屑熔岩中特指斑晶矿物组合; 在火山碎屑岩中特指晶屑的矿物组合。

2.4 火山碎屑岩类

是火山作用形成的各种火山碎屑堆积物 (tephra) 经过“压实固结”而成的岩石。火山碎屑物喷出并降落堆积后, 一般未经搬运或只经短距离搬运, 然后在上覆重荷作用下经过压实、排水、脱气、体积和孔隙度减小、密度增加等一系列成岩作用, 最终象沉积岩一样, 粗碎屑被相对较细的填隙物质胶结, 导致整个岩石固结而形成岩石。通常, 火山碎屑岩中火山碎屑体积含量 > 90% (外碎屑 < 10%) 时, 外生碎屑组分是“热碎屑流”流动过程中裹进来或火山爆发过程中炸裂的围岩碎屑混进来的, 可以认为这种火山碎屑岩一般是纯粹火山活动的产物, 无显著的后期沉积改造。

就物质成分而言, 火山碎屑物可以是矿物碎屑 (晶屑)、火山玻璃 (玻屑) 或岩石碎屑 (岩屑), 塑性岩石碎屑也叫浆屑。不管是那种碎屑都可再根据碎屑物的粒度进一步分为集块 (≥ 64 mm)、角砾 (64 ~ 2 mm)、凝灰 (< 2 mm) 三级。岩石命名均以全岩中相应粒级火山碎屑物含量大于 50% 者作为岩石基本名称。例如火山碎屑岩中集块级火山碎屑物含量大于 50%, 则称为集块岩; 角砾级火山碎屑物含量大于 50% 者称角砾岩; 凝灰级火山碎屑物含量大于 50% 者称凝灰岩。实际中混合粒级更为常见, 此时采用少前、多后、相对最多者作为基本名称的命名原则。

2.5 沉火山碎屑岩类

这类岩石是介于火山碎屑岩和沉积岩之间的过渡型岩石, 形成于火山作用和沉积改造的双重作用之下。火山碎屑物含量 50% ~ 90%, 成岩方式主要为“压实固结”, 岩石具有沉火山碎屑结构, 即碎屑颗粒可见不同程度的磨圆。火山碎屑物以晶屑、玻屑为主, 还有岩屑, 具体岩石类型主要是沉凝灰岩, 而沉集块岩和沉火山角砾岩比较少见。

3 火山岩及其他岩石分类的说明

3.1 关于固结成岩方式

在分类过程中充分考虑火山岩的成岩机理, 即严格区分“冷凝固结”与“压实固结”。岩石分类主要由研究目的决定, 本文的火山岩分类主要针对盆地火山岩储层研究, 而决定储层特征的因素之一就是火山岩的成岩方式。冷凝固结的岩石的孔隙度和渗透率等物性特征不随埋深的增加而变差, 而压实固结的火山碎屑岩类物性随深度的变化规律类似于沉积岩, 因此在以火山岩储层研究为首要目的的分类中, 首先考虑火山岩的固结成岩方式。

“冷凝固结”指岩石经较高温、炽热的熔浆冷凝 (结晶) 过程后最终固结成岩。岩石形成之初的结构

构造特征和孔隙度、渗透率等物性特征不会随着岩石的埋藏深度变化而发生较大 (或显著) 的改变。火山熔岩类、火山碎屑熔岩类都属于这类“冷凝固结”成因的岩石。“压实固结”指组成岩石的碎屑物质 (主要指火山碎屑物) 的成岩方式等同或类似于沉积岩, 即碎屑物由于埋深 (重力载荷) 的增加发生排气、排水、孔隙度减小、体积缩小、密度增加和孔隙流体沉淀胶结, 最终导致碎屑颗粒彼此粘结、硬化、固结成岩。一般当时形成温度并不高, 这类岩石成岩以后的结构构造特征和孔渗等物性特征随着岩石的埋深程度变化还会发生较大的改变。火山碎屑岩类、沉火山碎屑岩类属于这类“压实固结”成因的岩石。

3.2 关于熔结结构的火山岩

将具有熔结结构的岩石归入火山碎屑熔岩。这类岩石是灼热的刚性岩块和晶屑与玻屑、火山灰、炽热的塑性到半塑性浆屑, 而构成的“热碎屑流”在重力作用下流动, 由于重荷和高温的共同作用使碎屑颗粒发生定向排列、塑变拉长、扁平化, 随着温度降低和坡度减小流动速度变缓, 同时塑性组分使刚性颗粒彼此焊接, 最终固结成岩。因此, 熔结结构和碎屑熔岩结构的形成机理是一样的, 都经历了“冷凝固结”成岩过程, 所以实质上熔结碎屑岩类属于火山碎屑熔岩类。

在松辽盆地营城组火山岩中含有相当比例的流纹质晶屑熔结凝灰熔岩, 以往将此类岩石归为火山碎屑岩类中, 按照本分类原则“流纹质晶屑熔结凝灰岩”应为火山碎屑熔岩类, 定名为流纹质晶屑熔结凝灰熔岩。这样划分比较客观地反映了自然界的实际岩石组合类型特征。松辽盆地火山岩勘探过程中常出现“凝灰岩扩大化”的问题, 人们习惯于把除典型熔岩以外的岩石都统称为“凝灰岩”。其实, 以往定名为凝灰岩的可以分为“压实固结”和“冷凝固结”两类, 后者属于火山碎屑熔岩。十几年的勘探实践表明, 把火山碎屑熔岩从“扩大化的凝灰岩”中单独划分出来, 对火山岩储层研究具有重要的实际意义, 是必须的。

3.3 关于隐爆角砾岩

强调具有隐爆角砾结构的岩石在分类中的地位。隐爆角砾结构是原岩被高温、高压、富含挥发分流体释压炸裂而形成的原地或少量位移的角砾, 被岩汁充填/半充填、胶结而形成的角砾结构。就成岩方式而言, 隐爆角砾岩是岩汁冷凝固结晶石化过程中使原地角砾彼此胶结而成岩, 是“冷凝固结”的另一种表现形式, 所以它实质上属于火山碎屑熔岩类。考虑到岩相和储层, 隐爆角砾岩代表火山通道相的一种特殊亚相 (隐爆角砾岩亚相), 其储层意义明显不同于其他

亚相, 所以将其单独划分出来, 以便于研究和应用。

3.4 关于玻璃质结构火山岩

该类岩石原生裂缝发育、储集空间特殊, 同时又是火山口的指相岩石, 因此分类中给予明确而突出的位置。通常认为珍珠岩 (Perlite)、黑曜岩 (Obsidian) 和松脂岩 (Pitchstone) 为酸性的玻璃质火山岩^[20]。国际通用的第四版英文地质辞典^[21]也将珍珠岩定义为具有流纹岩成分和珍珠结构的火山玻璃, 含水通常高于黑曜岩; 黑曜岩定义为黑色或暗色的火山玻璃, 通常具有流纹岩成分, 以贝壳状断口为特征, 有时呈带状或具微晶; 松脂岩定义为具腊状、暗色树脂光泽的火山玻璃, 其颜色和成分变化大, 含水量高于黑曜岩。林景任 (1995) 认为玻璃质火山岩的化学成分不仅限于酸性岩, 但以酸性者居多。他明确指出, 据化学成分可进一步将黑曜岩分为流纹质黑曜岩、安山质黑曜岩和玄武质黑曜岩。在区内见大量玻璃质火山岩类, 珍珠岩、黑曜岩和松脂岩均有, 化学成分除通常的酸性岩外常见中性和基性者, 除通常的石英和长石斑晶外, 该区还常见橄榄石类、辉石类、角闪石类、云母类斑晶。表 1 中首先把玻璃质岩石归到火山熔岩类, 然后据化学成分冠以流纹质、安山质、玄武质等。

3.5 分类的针对性和实用性问题

分类要针对该区岩石发育的实际特点, 繁简适宜。岩石分类主要依据松辽盆地盆缘剖面和探井取心段的火山岩的资料, 对于有些目前区内并不常见的岩石类型采取两种处理方式: 一是依据分类的系统性原则给出它们在分类中的位置, 这不仅体现了分类研究的先导性, 而且对后续研究具有一定指导性, 能够预见随着研究的深入可能会出现岩石类型; 二是将彼此相似且少见的岩石类型合并, 尽可能使分类更加简明。例如, 玄武质岩石出现较少, 就将相应类型火山碎屑岩归位一类, 在同一基本类型栏给出可选名称, 如“玄武质凝灰/角砾/集块岩”等。基本类型的繁简依实际出现频率而定, 对本区出现频率高的岩石类型 (如流纹岩类) 进行了细分, 以使现场人员对所见到的每一种岩石都能够在表中找到对应名称, 可以对号入座, 尽量避免实际应用中出现无归属的岩石类型。

3.6 关于沉积岩和变质岩

表 1 中将火山碎屑体积含量小于 50% 的统称为沉积岩, 按火山碎屑含量 50% ~ 25% 和 25% ~ 10% 分别冠以凝灰质 ××岩和含凝灰 ××岩, 火山碎屑 < 10% 时不参加命名。表 1 中的变质岩主要是依据滨北地区钻遇基底的 37 口探井中所揭示变质岩类型, 基本能够反映松辽盆地基底变质岩的全貌。

参考文献:

- [1] 杨懋新. 松辽盆地断陷期火山岩的形成及成藏条件 [J]. 大庆石油地质与开发, 2002, 21 (5): 15-17.
- [2] 任延广, 朱德丰, 万传彪, 等. 松辽盆地徐家围子断陷天然气聚集规律与下步勘探方向 [J]. 大庆石油地质与开发, 2004, 23 (5): 26-29.
- [3] Chaves F. Distribution of basalt, basaltic andesite and dacite in a normative equivalent of the QAPF double triangle [J]. Chemical Geology, 1981, 33 (1-2): 127-140.
- [4] LeBas M J, LeMaitre R W, Streckeisen A, et al. A chemical classification of volcanic rocks based on total alkali-silica diagram [J]. Journal of Petrology, 1986, 27: 745-750.
- [5] Winchester J A. Geochemical discrimination of magma series using immobile elements [J]. Chemical Geology, 1977, 20: 325-343.
- [6] Cross W, Aldings J P, Pissone L V, et al. Quantitative classification of igneous rocks [M]. Chicago: Univ. Chicago Press, 1903.
- [7] Niggli P. Die quantitative mineralogische Klassifikation der Eruptivgesteine [J]. Schweiz Mineral Petrogr Mitt, 1931, 11: 296-394.
- [8] Troeger W E. Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine [M]. Berlin: Deutsche Mineral Ges, 1935.
- [9] Ritman A. Stable mineral assemblages of igneous rocks [M]. Berlin Heidelberg New York: Springer Verlag, 1973.
- [10] Streckeisen A. Account of classification and nomenclature of igneous rocks [J]. Report of 23rd International Geological Congress, Prague, 1968.
- [11] 邱家骥. 岩浆岩岩石学 [M]. 北京: 地质出版社, 1985.
- [12] 吴利仁, 张秀棋, 孙世华. 关于火山熔岩分类命名的建议 [J]. 地质科学, 1982 (1): 21-28.
- [13] LeMaitre R W, Bateman P, Dudek A, et al. A classification of igneous rocks and glossary of terms [M]. London: Blackwell, 1989.
- [14] 邱家骥. 国际地科联火成岩分类学分会推荐的火山岩分类简介 [J]. 现代地质, 1991, 5 (4): 457-468.
- [15] 林景任. 火成岩岩类学与岩理学 [M]. 北京: 地质出版社, 1995.
- [16] 中国地质学会岩石专业委员会火山岩分类命名小组. 火山碎屑岩的分类和命名 (国内推荐方案) [J]. 岩石矿物及测试, 1984, 3 (4): 301-309.
- [17] 中国地质学会岩石专业委员会火山岩分类命名小组. 火山岩的分类和命名 (熔岩部分) (国内推荐方案) [J]. 岩石矿物及测试, 1984, 3 (4): 289-300.
- [18] 李兆麟, 王碧香, 王富宝, 等. 火山岩 (熔岩) 的分类和命名 [J]. 中国地质科学院院报, 1989 (9): 175-194.
- [19] 王德滋, 周新民. 火山岩岩石学 [M]. 北京: 科学出版社, 1982.
- [20] 地质辞典编写组. 地质辞典二 (矿物岩石地球化学分册) [M]. 北京: 地质出版社, 1981.
- [21] Jackson J A. Glossary of geology (Fourth Edition) [M]. Virginia: American Geological Institute, 1997.

编辑: 宋玉梅