

东北地区珍珠岩矿床地质 特征及成因探讨

刘 劲 鸿

(武汉地质学院北京研究生部)

一、珍珠岩矿床的地质特征

几个矿床实例。

1、吉林省九台县三台珍珠岩矿床

矿区位于新华夏系第二沉降带与第二隆起带接触部位,即位于松辽盆地东部边缘、四楞山背斜东侧。

矿区出露地层为中生代上侏罗统沙河子组砂岩、页岩及下白垩统营城组酸性火山岩。露头不好,广为第四系所覆盖,仅在矿床顶部及冲沟中有基岩出露。

珍珠岩主要分布在下白垩统 (K_1)^① 营城组火山岩中。珍珠岩呈深绿色、绿色、浅绿色、灰白色、浅黄褐色等。玻璃光泽,性脆,具贝壳状断口,玻基具珍珠裂隙结构。斑晶以透长石为主,石英次之,再次为更长石 (An_{15-17}),角闪石、黑云母偶见。斑晶呈自形晶,均受不同程度熔蚀,石英斑晶尤为显著。斑晶含量1—5%。基质由酸性火山玻璃组成 ($N=1.493-1.498$, $T=13.5^{\circ}C$),圆弧形裂开发育。玻璃球珠大小均匀,一般直径0.30—0.70毫米。珍珠岩易脱玻,脱玻后其物理性质、结构等都发生改变。

根据物理性质、结构、脱玻程度将珍珠岩分为三种类型(表1)。

未脱玻珍珠岩杂质少、质量好,为最主要的矿石类型;弱脱玻珍珠岩膨胀性能仍较好,为主要的矿石类型;强脱玻珍珠岩,脱玻产物主要为石英、蒙脱石、沸石(丝光沸石、斜发沸石),完全脱玻者则变为霏细岩、蒙脱岩或沸石岩。脱玻珍珠岩分布于矿体的顶、底部及裂隙节理发育的地段。

矿体底部为球珠岩、球泡流纹岩、气孔流纹岩、凝灰岩等。矿体呈似层状、扁豆状,近水平产出。最大厚度92.54米,最小厚度16.53米,平均36.86米。该矿床有三个矿体。I号矿体北北东向分布,长360.0米,宽160.0米;II号矿体南北向分布,长825.0米,宽250.0米;III号矿体沿 336° 方向分布,呈条带状,规模小。

矿区南端及西部均见到陡崖。

2、辽宁章武土城子珍珠岩矿床

① 营城组时代问题:东北地区区域地层表(1978年4月出版)将其划入 J_2 ,但我们认为应将其划归 K_1 。

表 1

类 型	颜 色	光 泽	脆 性	断 口	结 构	脱玻特征	脱玻产物
未脱玻珍珠岩	深绿色、绿色	玻璃光泽	锤击易碎	贝壳状	典型的珍珠裂隙结构	无或极弱	
弱脱玻珍珠岩	灰绿色、灰白色、浅绿色	玻璃—油脂光泽	锤击较易碎	贝壳—平坦状	珍珠裂隙结构为主，变余珍珠裂隙结构次之	仅发育在弧形裂开中	蒙脱石
强脱玻珍珠岩	黄褐色、灰白色、粉红色等	油脂光泽、土状光泽	锤击不易碎或变软具塑性	平坦状、参差状（碎粒状）	变余珍珠裂隙结构、霏细结构	沿弧形裂开向玻璃球粒中心发展或从中心开始脱玻	蒙脱石±沸石+石英等

矿区位于新华夏系第二沉降带与第三隆起带，即松辽沉降带与大兴安岭太行山隆起带交接地段。

区域内中生代地层发育，其中以上侏罗统最发育。主要分布于新华夏系构造所控制的构造盆地内。上侏罗统共分为五组：北票组、金刚山组、吐呼鲁组、九佛堂组、孙家湾组。矿区出露地层主要为吐呼鲁组上部酸性喷出岩，呈似层状分布。

矿体呈似层状出露于矿区之西部。南窄北宽，长800米，最厚21米，最薄1米，平均厚5—10米。矿石为灰绿色珍珠岩。

矿层层位稳定。底部为紫色—灰紫色球泡流纹岩、气孔流纹岩，顶部为灰绿色流纹岩，它与矿体接触部分可见玻璃质。矿体与球泡流纹岩界限清楚。

脱玻化珍珠岩主要发育在矿体顶部或与围岩接触部位。脱玻化主要为蒙脱石化。

3、辽宁建平双庙珍珠岩矿床

矿区出露地层单一，均为上侏罗统。除见小面积金刚山组砾岩外，其余为吐呼鲁组凝灰岩、珍珠岩、流纹岩。由上而下为砾岩、珍珠岩、凝灰岩、流纹岩、珍珠岩、膨润土、角砾凝灰岩。南端流纹岩与珍珠岩接触处珍珠岩发生蒙脱石化。

矿体呈似层状，按N17°E延伸，宽度变化大并有尖灭现象，矿层中夹有薄层凝灰岩，说明为间歇式喷发。矿石主要为：青色、黑绿色珍珠岩，质优；青色含棕褐色球粒珍珠岩（即含球珠珍珠岩），质中劣；灰黄、灰绿色及粉红色脱玻珍珠岩，质劣。

4、黑龙江穆稜泰安珍珠岩

矿区位于新华夏系第二隆起带的密山—敦化褶皱带所控制的穆稜盆地中。矿区出露地层为上白垩统中酸性火山岩，灰黑色、黄绿色珍珠岩呈似层状分布其中。其层序由上至下为：浅绿色流纹岩、流纹质火山角砾岩、灰黑色珍珠岩、球珠岩、紫色流纹岩、黄绿色珍珠岩、块状流纹岩（霏细岩），黑灰色珍珠岩、淡红色流纹岩、深灰色玄武岩。脱玻沿着部分弧形裂隙发育，生成物为长英质及绿泥石。矿区内见陡崖及凸出的山头。

根据上述几个矿床实例可以将珍珠岩矿床特征概括为：

（1）成矿时代为中生代，主要为晚侏罗世和早白垩世，个别为中侏罗世和晚白垩世（这与苏联珍珠岩矿床形成时代大体相同^[6]）。但西部（辽宁）和东部（吉林、黑龙江）则

不同。前者多为晚侏罗世,后者多为早白垩世。这种差别是由于燕山期火山活动,随着时代的变迁自西向东成矿时代渐新所造成的。从图1中明显看出西部晚侏罗统中酸性火山岩发育,

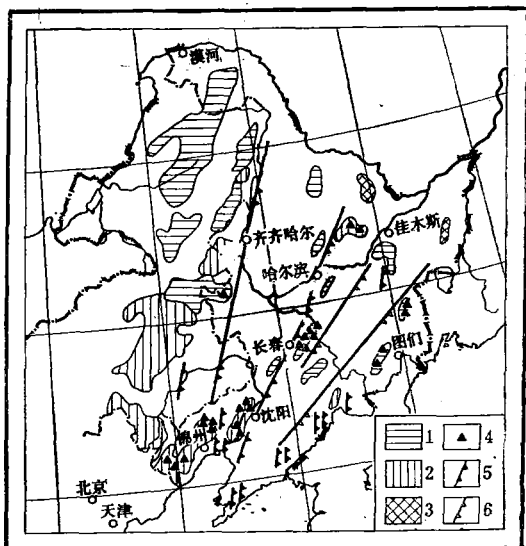


图1 东北地区主要构造体系及中生代中酸性火山岩分布示意图①②

Fig. 1. Diagrammatic geological map showing the major tectonic systems and the distribution of the Mesozoic intermediate acid volcanic rocks.

- 1—早白垩世中酸性火山岩及其凝灰岩; 2—晚侏罗世中酸性火山岩及其凝灰岩; 3—晚白垩世中酸性火山岩及其凝灰岩; 4—珍珠岩矿床(矿点)位置; 5—新华系构造; 6—华夏系构造

少见白垩系中酸性火山岩;而东部则以早白垩世中酸性岩为主,至黑龙江则出现晚白垩世中酸性火山岩。

(2) 空间分布: 矿床(矿点)沿北北东向展布(图1)。赋存于中生代的陆相盆地中,这些盆地明显受控于新华夏系构造。但西部和东部珍珠岩矿床(点)分布位置不同。西部位于第二沉降带与第三隆起带接触部位,而东部则位于第二沉降带与第二隆起带接触部位或隆起带中。

(3) 珍珠岩岩石化学特征: 辽、吉、黑三省珍珠岩主要氧化物平均值及岩石化学指数平均值见表2。

从表2可看出辽宁、黑龙江的珍珠岩铁、碱高, k 、 δ 、 τ 、 Or 、 Ab' 高, TiO_2 略高, MgO 、 CaO 、 SI 则较低。吉林省的珍珠岩则反之。 K_2O/Na_2O 比值基本一致,吉林的珍珠岩稍高。总体看 SI 低,较富碱。据笔者初步研究, $(K_2O + Na_2O)$ 与膨胀性能呈明显的正相关关系, $K_2O + Na_2O$ 低于4%或大于8.5%, $K < 7$ (K 为膨胀倍数),膨胀不佳,

不符合工业指标要求;而 $K_2O + Na_2O$ 在5—8%, $K \geq 7$ 时,膨胀性能最好。本区珍珠岩的 $K_2O + Na_2O$ 值为5.88—7.14%,在佳值范围内。又据高凡、赵礼的研究^[1],认为 $K_2O/Na_2O \approx 1$

表2

成分 平均值	TiO_2	MgO	CaO	Fe_2O_3 + FeO	Na_2O	K_2O	$K_2O + Na_2O$	$\frac{K_2O}{Na_2O}$	SI	f	k	δ	τ	Or	An	Ab'
辽宁省珍珠岩(9)	0.09	0.19	0.95	1.50	3.5	3.61	7.11	1.03	2.39	90.38	514.68	1.79	165.99	22.7	5.2	34
吉林省珍珠岩(16)	0.08	0.36	1.77	1.20	2.8	3.08	5.88	1.10	5.86	77.48	380.46	1.31	128.14	20.25	10.7	27.3
黑龙江省珍珠岩(3)	0.12	0.40	0.99	1.52	3.74	3.6	7.34	0.97	4.23	76.98	476.13	1.94	150.53	22.8	5.0	36

(化学分析数据主要来自辽、吉、黑三省非金属勘探公司(队)和文献^[1])

膨胀性能好,而本区其比值为0.97—1.10,接近于1。这就是西部和东部珍珠岩虽形成于不同时代但都成为矿石的原因。

① 吴利仁等,1981年,中国中生代火山岩分布及岩区划分图。

② 东北地区主要构造体系的划分及其特征,东北地质,1978第2期。

东北地区珍珠岩在AFM图上投在钙碱性范围内, 靠近AF边和A端, 与日本的易变辉石母岩浆区 (H. Kuno, 1969) 遥遥相对 (图2), 可能相当于紫苏辉石系列。西部与东部的珍珠岩投影点分布上有些差异。前者紧靠AF线平行分布, 东部的则沿II区A端自左上向右下分布, 仅个别落入II区。

按 $\text{SiO}_2\text{—K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 麦克唐纳变异图投影点均落入亚碱性区, 故采用巴尔特-尼格里标准矿物作 $\text{Ab}'\text{—An—Or}$ 图。投影点绝大部分落入II区, 个别落入I区和III区, 应判为钙碱性系列普通型。投影点集中靠近 $\text{Ab}'\text{—Or}$ 边。西部的投影点较集中而东部的较分散。图3与日本浅间火山岩 (S. Aramaki, 1963) 相比明显富Ab、Or贫An。

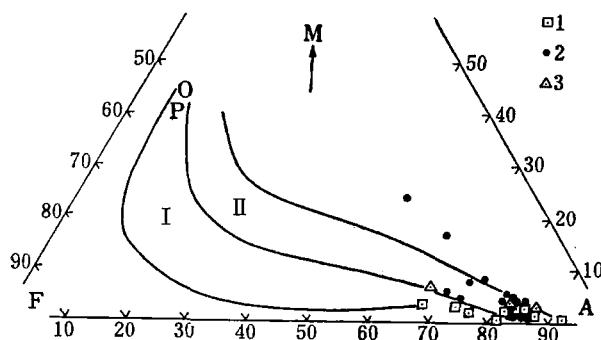


图2 东北地区珍珠岩AMF图解

Fig. 2. AMF diagram of pearlite from northeast China.

1—辽宁省的珍珠岩投影点; 2—吉林省的珍珠岩投影点; 3—黑龙江省的珍珠岩投影点
I—拉斑玄武岩系列区; II—钙碱性岩系列区;
P—日本易变辉石系列母岩浆区

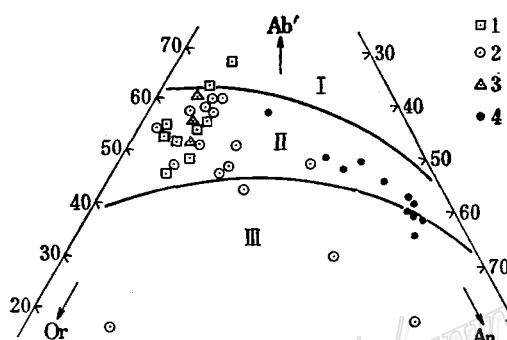


图3 东北地区珍珠岩 $\text{Ab}'\text{—An—Or}$ 图解

(据欧文1971)

Fig. 3. $\text{Ab}'\text{—An—Or}$ diagram of pearlite from northeast China.

1, 2, 3—分别为辽、吉、黑珍珠岩投影点; 4—日本浅间火山岩投影点
I—富钠型; II—普通型; III—富钾型

图4是本区珍珠岩主要氧化物与 $\log \text{SI}$ 关系图解。从 $\text{SiO}_2\text{—}\log \text{SI}$ 、 $\text{CaO—}\log \text{SI}$ 、 $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})\text{—}\log \text{SI}$ 、 $\text{MgO—}\log \text{SI}$ 图中, 东部珍珠岩投影点呈较好的线性关系。 $\text{MgO—}\log \text{SI}$ 总体表现为线性关系。 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{—}\log \text{SI}$ 不呈线性关系。根据一色 (Isshiki, 1963)^[4], 行广松茨 (Matsuhisa, 1979)^[5]对日本八丈岛火山岩系的研究, 指出其位于伊豆—玛丽亚纳岛弧中, 岩浆未受到大陆地壳物质混染。其主要氧化物与 $\log \text{SI}$ 均呈线性关系, 据此认为是分异演化岩系的特征, 故可用它对比探讨其它火山岩系的演化、混染情况^[3]。图4可表明, 东北地区珍珠岩岩浆分异作用为主导作用, 混染微弱, 西部较东部混染强。

(4) 珍珠岩矿床常与膨润土矿床、沸石矿床共生。如吉林省九台银矿山矿就是个典型例子。

(5) 珍珠岩矿床只与中生代酸性火山岩有关, 为火山-岩浆矿床。

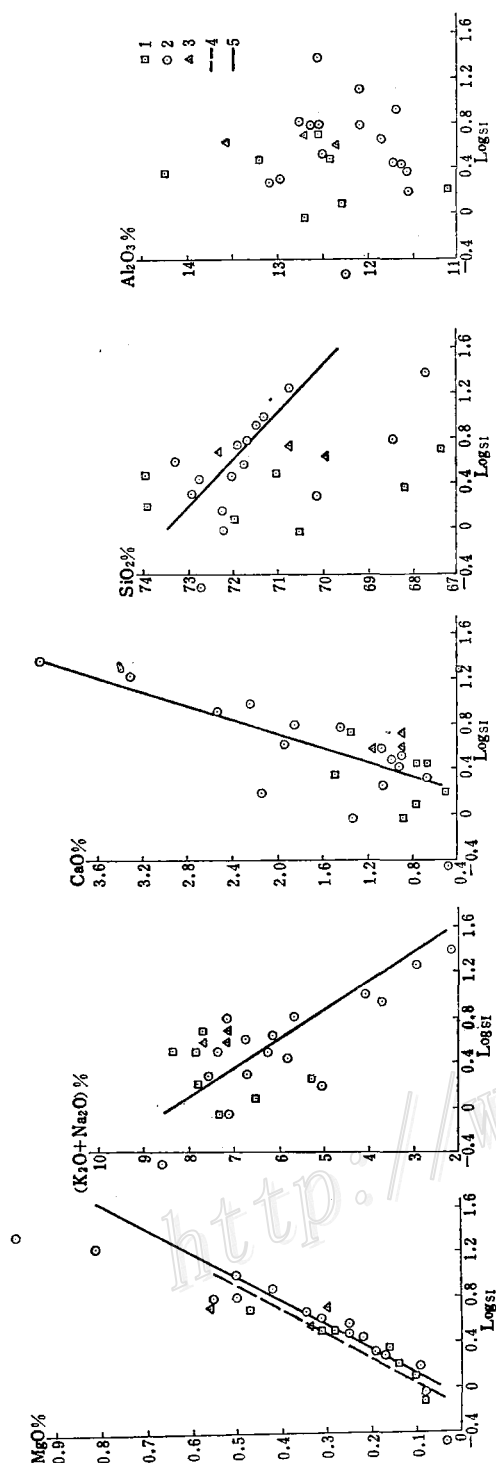


图 4 一些主要氧化物含量与log Si关系图
Fig. 4. Diagram showing the relationship of some major oxides to log Si
1, 2, 3—分别为辽、吉、黑珍珠岩投影点, 4, 5—分别为总体趋势线和东部珍珠岩趋势线

(6) 矿体底部多为凝灰岩类、球泡流纹岩(如孤树子、三台、土城子等)、气孔流纹岩、球珠岩或与凝灰岩、流纹岩相间产出。

(7) 矿体形态多为似层状、条带状、舌状。

(8) 地貌特征: 有些珍珠岩矿床具有陡峭的山崖。如上河湾、三台、牛营子、穆稔泰安等珍珠岩矿床。

二、矿床成因

东北地区燕山期岩浆活动频繁而强烈。目前发现的珍珠岩矿床(点)都分布在燕山期岩浆活动带中。

东北地区属中国东部滨太平洋带的一部分。本区在中生代以前构造运动较弱, 基本处于平稳发展阶段, 但到中生代则发生了强烈的活动, 这就是燕山运动。此次运动发生的时间与古太平洋板块活动基本是同时的^①。据 B. A. Вахрамеев(1964)、市川浩一郎(1970)等研究, 认为侏罗纪以前库拉板块(古太平洋板块)与欧亚板块相邻, 日本列岛与欧亚大陆东北部相连, 库拉板块作北西向运动, 向欧亚板块下俯冲。日本岛西南部的高压低温变质带、中国东部大陆边缘形成的与日本岭家组相对应的高温低压变质带的发现进一步证明板块消亡带的存在。由于库拉板块的俯冲使本区发生剧烈的地壳运动, 造成北北东向的大兴安岭、长白山隆起(第二、三隆起带)和松辽沉降带。同时引起断裂和火山活动, 造成一系列北北东向火山盆地, 形成了中生代特别是晚侏罗世、早

① 吴利仁等, 1981年, 华东及邻区中生代火山岩。

白垩世中酸性火山岩。如甘河、大甸子、营城、鸡西、上热河火山岩系及屯田营火山碎屑岩。这些火山岩系中蕴藏着丰富的珍珠岩矿产资源。

对本区珍珠岩化学成分与形成时构造环境关系的研究初步认为属边缘岛弧型（见图5）。从图5(a)看出本区及山西、内蒙、河北、浙江的珍珠岩投影点都落入B区，总趋势与日本岛弧型火山岩（J线）基本一致。说明与其属同一构造环境。但东部与西部珍珠岩形成的构造

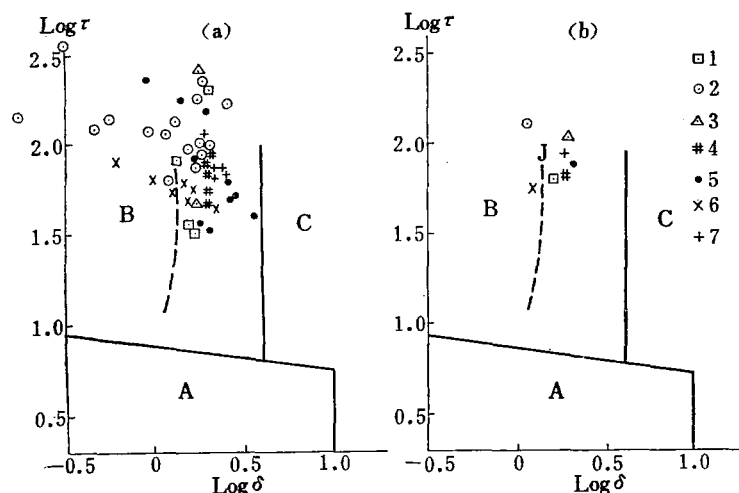


图5 里特曼—戈蒂里图解（里特曼，1973）

Fig. 5. Rittmann-Gottini Diagram.

1、2、3、4、5、6、7—分别代表辽、吉、黑、河北、内蒙、浙江、山西珍珠岩投影点

A区—非造山带地区火山岩；B区—造山带地区火山岩；C区—A、B区派生的碱性、偏碱性岩；J—日本火山岩

环境是有一定差别的。东部（吉林、浙江）投影点分布于J线两侧；西部投影点分布于J线右侧，有些点靠近C区。这表明愈靠近大陆边缘，岛弧型特点愈明显。东部与西部应属不同的火山岩带，这一点与实际情况是一致的。如果用其 $\log \delta$ 、 $\log \tau$ 平均值投影，这种差异更为明显（图5b）。其平均值见表3（黑龙江样品太少，代表性较差）。这一结果进一步说明中生代中国东部板块消亡带的存在，表明中生代中酸性岩浆的形成与库拉板块活动有密切的成因关系。

表3

平均值	山 西	内 蒙	河 北	辽 宁	黑 龙 江	吉 林	浙 江
$\log \delta$	0.286(5)	0.31(10)	0.28(5)	0.22(4)	0.25(2)	0.03(16)	0.08(8)
$\log \tau$	1.886(5)	1.86(10)	1.81(5)	1.815(4)	2.03(2)	2.09(16)	1.754(8)

三、珍珠岩形成的物理化学条件

传统的观点认为珍珠岩的形成是由于岩浆的急剧冷却。那么酸性岩浆骤冷是否都形成珍

珠岩？为何在相同条件下却形成大量的流纹岩？从珍珠岩矿床特征可以看出，珍珠岩产出有两个明显特征（见特征（6）、（7）），它表示了形成珍珠岩之前酸性岩浆曾有一个挥发分饱和或高度过饱和的阶段，这样强的气压足可导致以爆发的形式形成凝灰岩或以喷溢形式（由于压力骤降可使岩浆出现气相和固相、液相的分离，使岩浆沸腾）形成球泡流纹岩、多孔流纹岩，从而使挥发分大量逸出（曾有人计算阿拉斯加万烟谷火山每年要喷出一百多万吨 HCl 和二十万吨 HF，当然水汽就更多了）。经过这样一个“放气过程”使后续岩浆变成含挥发分少、粘度更大的岩浆。这种岩浆更易于形成珍珠岩。众所周知岩浆结晶程度除取决于岩浆性质、形成深度、压力、温度、环境条件外，挥发分的多少也起着重要的作用。图 6 就有力的说明挥发分多会降低岩浆粘度，提高结晶程度，反之则增大岩浆粘度，降低结晶程度。图 7 是含水酸性岩浆中黑云母稳定的 P-T 图，可以借助于它来说明压力在深成、浅成及喷发条件下的

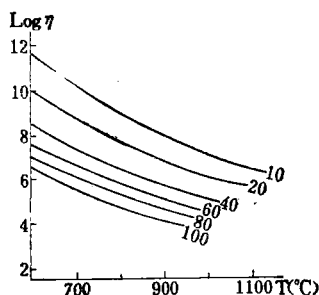


图 6 水量对黑曜岩熔体粘度影响
(数字是水的重量百分数)

(据 Shaw, 1965)

Fig. 6. The effect of water on the viscosity of molten obsidian (The numbers refer to weight percentages of water).

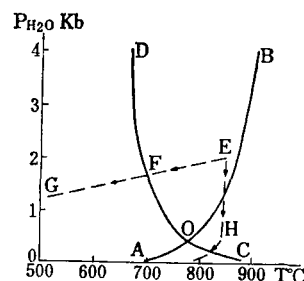


图 7 黑云母稳定的 P-T 图解
(据 Ф. Тернер, 1961)

Fig. 7. P-T diagram of the stability of biotite.

AB—岩浆中黑云母分解曲线；CD—花岗岩浆固相线

作用。图 7 表示 $T=850^{\circ}\text{C}$ 的酸性岩浆 E 在中深条件下缓慢降温，结晶沿 EFG 路线进行，温度下降是主导因素，如岩浆上侵至浅部或喷出地表，由于压力突降，岩浆固结沿 EH 路线迅速达固结相线以下，使岩浆急速固结，形成结晶程度很低或玻璃质岩石。此时与压力的突降相比温度的变化则是极微的（P：由 2000 巴降至 0 巴；T：仅由 850°C 降至 800°C ）。显然压力的突降成了主导因素。

特征（7）结合特征（2）说明珍珠岩形成方式主要是沿构造裂隙面喷溢，因而呈似层状、舌状。

总之：珍珠岩在形成之前可能经过一个“放气过程”，急剧冷却是其形成的必要条件，但压力的突降可能起更重要的作用。

四、找矿方向和标志

（一）找矿方向

时代：中生代酸性火山岩，特别是晚侏罗世、早白垩世的酸性火山岩为主要找矿对象。

辽宁主要是晚侏罗世火山岩,吉林主要是早白垩世酸性火山岩,黑龙江要注意在晚白垩世酸性火山岩中找矿。

构造:应注意在东北东向分布的一系列断陷火山盆地中找矿。如:三家子盆地、勿欢池—哈尔套盆地、营城盆地、辽源盆地、穆棱盆地等。

(二) 找矿标志

(1) 围岩标志:珍珠岩与球泡流纹岩、气孔流纹岩、凝灰岩、球珠岩紧密共生,系良好的找矿标志。

(2) 珍珠岩矿床常与膨润土矿、沸石矿共生。

(3) 有些珍珠岩矿区常有陡峭的石砬子,故可作为地貌上的找矿标志。

初稿完成后承穆克敏、陈光远教授、孙善平付教授审阅并给予指导,东北三省非金属地质勘探公司(队)及吉林省地质局一队刘志贤工程师曾给予大力协助,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 赵礼、高凡 1975 我国珍珠岩及其膨胀性能的研究 地质出版社
- [2] 中国地质科学院 1976 中华人民共和国地质图(1:4000000) 地图出版社
- [3] 齐进英 1982 安徽滁县中生代火山岩岩石化学及斜长石特征 地质科学 第2期
- [4] Isshiki, N., 1963, Petrology of Hachijo-jima volcano group, seven Izu Islands, Japan. Tokyo Univ. Fac. of Sci. J., Sec. 2; 1963(15), pp. 91-134.
- [5] Matsuhisa, Y., 1979, Oxygen isotopic compositions of volcanic rocks from the East Japan island arcs and their bearing on petrogenesis. J. Volc. and Geoth. Res., 5, 1979(3/4), pp. 271-296.
- [6] Насенджин В.В., 1963, Водосодержащие вулканические стекла кислого состава, их генезис и изменения. (Труды Института Геология Рудных Месторождений, Петрографии, Минералогии и Геохимии,) Труды Инст. вып. 98, Изд. АН СССР, Стр. 189.

GEOLOGICAL FEATURES AND GENESIS OF THE PEARLITE DEPOSITS IN NORTHEAST CHINA

Liu Jinhong

(Beijing Graduate School, Wuhan College of Geology)

Abstract

An investigation into some pearlite deposits in northeast China reveals their striking similarity in geologic features, which can be summarized as follows,

(1) All of these deposits were formed in Mesozoic Era, mostly in Late Jurassic and Early Cretaceous Periods, with certain difference in time exhibited between the deposits in the eastern part and those in the western part. (2) Ore deposits and occurrences, all trending in NNE direction, are spatially controlled by mutually-isolated terrestrial basins governed by Neocathaysian tectonic system. (3) The characteristics of major oxides and petrochemical indexes of pearlite indicate that the magma is of calc-alkaline series; $K_2O + Na_2O = 5.88 - 7.14$, $K_2O/Na_2O = 1$. (4) The deposits are related unexceptionally to Mesozoic acid volcanic rocks, pertaining to volcanic-magmatic type. (5) The bottoms of the deposits are predominantly composed of tuff, tuff breccia, vesicular rhyolite and rhyolite occurring in some places alternatively. (6) Pearlite is often found together with zeolite and bentonite. (7) The ore bodies are chiefly stratoid, banded or lobate in shape. (8) Geomorphologically, they often constitute precipices.

The author holds the idea that the generation of pearlite-related magma, most likely under the structural environment of the epeiric island arc type, must have had much to do with the subduction of Kula plate underneath Eurasia. In addition to rapid cooling, the formation of pearlite deposits might be attributed to a "gas-release" process probably in existence previous to their formation. The sudden decrease in pressure are also likely to have played an important part in the process of their formation.