

次火山岩筒的特征与成因探讨

——兼论山东胜利1号大小金伯利岩筒的成因

王照波¹, 张晓梅², 程光锁¹, 王伟德¹

(1. 山东第七地质矿产勘查院, 山东 临沂 276006; 2. 平邑县归来庄金矿, 山东 平邑 273306)

摘要: 在对岩筒实例分析的基础上, 确立了次火山岩筒的存在, 并探讨了次火山岩筒与火山岩筒之间在特征与成因上的差别。在对山东胜利1号大小金伯利岩筒的特征进行分析后认为, 该岩筒并非前人所述的火山岩筒(通道), 而具次火山岩筒的特征。

关键词: 次火山岩筒; 隐爆作用; 金伯利岩筒; 山东省

中图分类号: P317.2; P619.24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2003)01-0054-05

岩筒, 指由隐爆作用形成的筒状地质体。按照其成因及其充填物质的不同, 可将岩筒分为3种基本类型, 即: 隐爆角砾岩筒、次火山岩筒及火山岩筒(通道)。单纯由隐爆角砾岩构成的筒状地质体称隐爆角砾岩筒; 由隐爆角砾岩与岩浆共同充填构成的筒状地质体称次火山岩筒; 单纯由火山喷发后的残余岩浆充填构成的筒状地质体称火山岩筒, 即通常所称的火山通道。本文是在对隐爆角砾岩筒形成机制研究基础上的深入与扩展, 着重探讨次火山岩筒的特征及形成机制。关于隐爆角砾岩筒的特征及形成机制, 笔者已撰文探讨^[1-3], 限于篇幅, 火山岩筒的特征与成因将另文探讨。

1 次火山岩筒的特征

1.1 次火山岩筒是自然界中的客观存在

在自然界中, 除了人们熟知的隐爆角砾岩筒与火山岩筒(通道)外, 还存在另外一种岩筒形式, 即次火山岩筒。以往的研究者通常是将其作为火山岩筒(通道)加以研究和论述的。例如在对金伯利岩筒的研究中, 自1870年在南非发现了金伯利岩筒以来, 有关金伯利岩筒的成因一直争论不休, 多数人持火山观点。但也有持不同认识者, 如威廉姆斯认为: “所谓的岩筒, 并不是一般的火山口或火山颈, 而是两条或多条裂隙的局部膨胀部分”^[4]。这当然有所

偏颇, 因为有些金伯利岩筒的顶部确实存在火山口。值得一提的是, 沃尔夫(1914)把岩筒划为“与地表连通的”和“隐伏的”两种^[5], 但这并未被人们所接受。在金伯利岩筒中, 俄罗斯雅库特地区的“塞提干”金伯利岩筒保存了明显的次火山岩筒的特征, 该岩筒的顶部覆盖有二叠系沉积砂岩和暗色火山岩(玄武岩), 在岩筒内含有大量上覆地层二叠系砂岩的角砾^[5]。这一特征足以表明“塞提干”岩筒形成时并未贯通地表, 而具次火山岩筒特征, 即沃尔夫所称的“隐伏的”岩筒。此外, 该区“东方”、“胜利”金伯利岩筒也存在类似特征, “东方”岩筒内存在大量围岩角砾, 尤其在岩筒顶部的围岩角砾含量可达80%以上。^[6]

除此之外, 也有的研究者将次火山岩筒称作隐爆岩, 定义为“由浅成或超浅成侵入岩和隐爆角砾岩组成的统一整体称隐爆岩”(李生元, 1999)^[10], 这虽然突出了岩筒形成时的隐爆特征, 但是“浅成或超浅成侵入岩”显然与隐爆角砾岩在岩石特征上和成因上相差甚远, 他们的统一体应为更高一级的体系, 而不应该合并称为一种岩石类型; 采用这样一个概念定义次火山岩筒, 不仅与隐爆角砾岩筒研究中的“隐爆岩”的概念相冲突(刘家远, 1982; 王照波, 2001), 也极易造成与“隐爆角砾岩筒”相混淆。晋东北耿庄次火山岩筒^[8]的特征如图1所示^[9, 10], 该岩筒受NNW和NNE向两条断裂控制, 产于断裂的交叉部位, 面积0.5 km², 剖面上呈倾斜的漏斗状, 岩筒由围岩震碎碎裂岩和各种隐爆角砾岩、花岗闪长岩和花

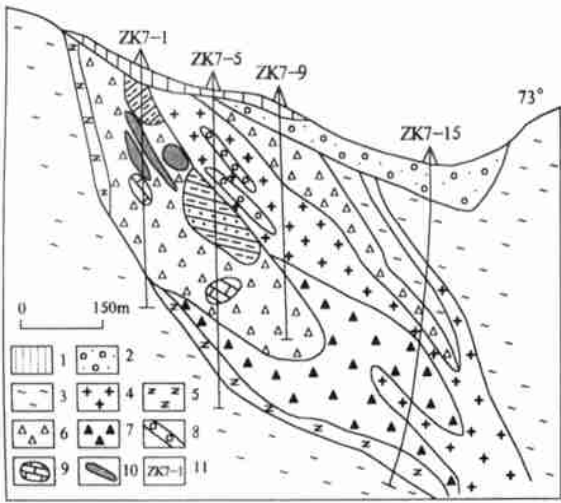


图 1 耿庄次火山岩筒剖面示意图(据李生元, 稍有修改)

Fig. 1 Schematic profile of Gengzhuang sub-volcanic pipe

1. 第四系黄土 2. 现代河床冲积层 3. 太古宙花岗岩 4. 花岗闪长斑岩 5. 围岩震碎碎裂岩 6. 隐爆角砾岩 7. 熔浆胶结的隐爆角砾岩 8. 隐爆交代角砾岩 9. 大型岩块 10. 矿体 11. 钻孔编号

表 1 次火山岩筒与火山岩筒的特征区别

Table 1 Characteristic differences of sub-volcanic pipe and volcanic pipe

岩筒类型	岩筒顶部特征	岩筒的充填物质	围岩角砾含量及分布	角砾蚀变	挥发分含量
次火山岩筒	顶部覆盖有比岩筒形成时代早的地层或岩体	由岩浆和围岩角砾充填而成, 所充填的岩浆一般具有侵入斑岩的特征(如颜色、成分较均匀)	岩筒内含大量围岩角砾, 主要分布于岩筒中上部, 有的岩筒顶部所含围岩角砾可达 80% 以上, 其中往往含有来自上部围岩的角砾	所含角砾一般具有较强烈蚀变	含量高, 与隐爆角砾岩筒的挥发分含量相近
火山岩筒	具明显的火山口特征	主要由火山喷发后的残余岩浆充填而成, 所充填的岩浆一般较趋向于火山熔岩的特征, 岩石中可见平行于岩筒壁的流动构造	岩筒内含极少或几乎不含围岩角砾; 围岩角砾多分布在火山口之外周边地带, 构成集块岩	岩筒中岩石蚀变弱或者不明显	含量极低, 趋于岩浆岩平均值

岗闪长斑岩共同充填而成。

1.2 次火山岩筒与火山岩筒的区别

次火山岩筒作为一种岩筒类型, 与火山岩筒之间存在着一些非常相似的特征, 因此如何来区分次火山岩筒与火山岩筒就成为人们关注的焦点问题。现将次火山岩筒与火山岩筒之间的区别列于表 1。关于次火山岩筒与火山岩筒之间的差异, 李生元等 (1999) 在研究晋东北的岩筒时也曾进行过相应的探讨^[10]。

对于一个有岩浆充填的岩筒而言, 区分其是次火山岩筒还是火山岩筒, 如果岩筒顶部存在原有盖层或者火山口, 区分不困难; 但如果岩筒受到较严重的风化剥蚀, 则会给岩筒的区分带来困难。这样就要从多角度进行分析, 如借助岩筒中所含物质的特点来进行区分。在次火山岩筒中, 含有大量的围岩角砾, 而火山通道中几乎不含围岩角砾, 这是由于岩筒形成后受到岩浆“冲刷”、“清洗”程度的不同造成的。挥发分含量的差异性, 是由于次火山岩筒处于封闭体系的状态下, 而火山岩筒则在炸破地表的最后一次爆炸后, 由封闭体系转化为开放体系。

2 次火山岩筒的成因分析

由于次火山岩筒与火山岩筒受到后来岩浆不同程度的冲洗和充填, 失去了很多岩筒形成时的信息, 为次火山岩筒和火山岩筒的成因研究带来了困难。但是隐爆角砾岩筒中却保留了岩筒形成时的许多地质信息, 因此隐爆角砾岩筒往往成为岩筒(包括隐爆角砾岩筒、次火山岩筒和火山岩筒)成因研究中的最重要、最关键的部分。但也许是因为火山构造比较常见, 现代火山活动又可以观察到, 这在一定程度上妨碍了人们从隐爆角砾岩筒和隐爆作用的角度去研

究火山岩筒的成因, 反而导致了人们更多的是从火山机构和火山作用的角度去研究隐爆角砾岩筒的形成机制。

就隐爆角砾岩筒的成因, 人们已普遍接受的观点是由岩浆期后热液造成的(П. Ф. 伊万京)^[11], 即这时的岩浆已不再具有很强的活动性, 同时笔者在深入研究了大量隐爆角砾岩筒的基础上, 建立并提出了“自下而上- 顺次推进- 序次叠加”的岩筒形成过程模式^[2]。在其形成过程中, 如果热液的供给量不足, 导致中途停止, 那就形成隐爆角砾岩筒。如果有足够的能量使爆破推出地表, 最后即表现为开放式爆破, 形成泥火山^[12]或气火山^[13]。如果爆破不是发生在岩浆期后, 而是发生在岩浆上侵的前期或期中,

即岩浆尚具有很强活动性时便析出大量的热液(图戈维克, 1974)^[11], 那么岩浆借助于热力和占优势的高蒸汽压力所产生的巨大应力, 沿围岩中原有的裂隙开辟进入围岩的通道^[14], 这样, 岩浆势必会随着爆破形成的通道而上移。如果前锋爆破因热液供给(分泌)量的不足, 未达到地表即中途停止, 岩筒中的岩浆及角砾便会停止前进, 固结成岩, 便形成次火山岩筒。如果前锋热液爆破能量充足, 不断推进并最终炸破地表, 岩浆势必在隐爆角砾岩和气液物质喷出后, 紧接着喷出地表, 即形成火山。火山喷发停止后残余岩浆充填岩筒, 成为火山岩筒。火山岩筒与气火山的形成过程中, 在最后一次爆破喷出地表之前, 一直为隐爆作用, 从炸破地表开始转为开放体系。火山作用中能量的聚集主要是在隐蔽的(准)封闭的环境中进行。

笔者认为, 无论是次火山岩筒还是火山岩筒, 与隐爆角砾岩筒一样, 都是隐爆作用的产物。

3 胜利 1 号金伯利岩筒的特征^[15, 16]及其成因分析

3.1 岩筒特征

该岩筒由我院(原山东地质七队)于 1968 年发现, 位于常马庄岩带的中部, 地表由大、小两个岩筒组成(图 2)。大岩筒呈椭圆形, 长轴走向 300°, 长 98 m, 短轴长 50 m。小岩筒在大岩筒东侧, 地表两岩筒相距 20 m, 小岩筒地表呈手枪状。在垂深 250 m 以下, 大小岩筒合并呈向北东凸出的牛轭状, 长 130~160 m, 宽 10~24 m。大岩筒在合并前形态较稳定, 一直保持椭圆状; 小岩筒在垂向上形态极不稳定, 且时有膨缩。岩筒大部分被第四系覆盖, 围岩为新太古代片麻状英云闪长岩。

组成大小岩筒的岩石主要为斑状金伯利岩、含围岩角砾斑状金伯利岩、含大量围岩角砾斑状金伯利岩、角砾岩。其角砾岩主要分布在小岩筒的 NW 走向的部分(图 2), 其地表向下 5~25 m 内全由围岩角砾组成, 看不到金伯利岩物质。大小岩筒中所含围岩角砾, 多为棱角状和浑圆状, 直径以 5 cm 左右者居多, 有时也偶见 50 cm 的大角砾。角砾成分复杂, 主要为片麻状英云闪长岩, 局部有少量的石灰岩、大理岩、化灰岩、鲕粒灰岩、燧石、辉绿岩、煌斑岩。沉积岩角砾仅见于小岩筒中, 主要为灰岩角砾, 其特点是角砾块度不大, 所见者均小于 10 cm, 呈棱角状, 未受熔蚀, 也未蚀变。岩筒中虽然存在灰岩角砾, 但

岩筒地表出露围岩均为新太古代片麻状英云闪长岩, 其上覆盖层已剥蚀殆尽。

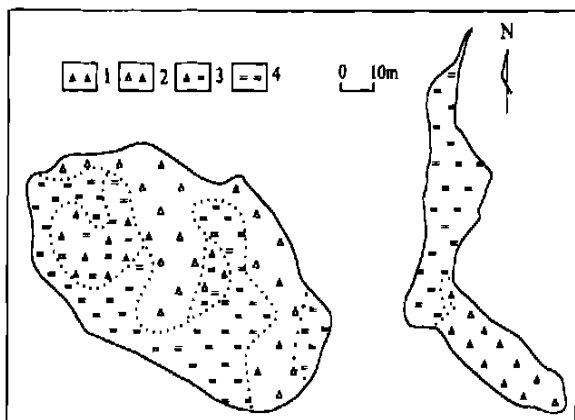


图 2 胜利 1 号大小金伯利岩筒平面图

Fig. 2 Plane diagram of Shengli No. 1 kimberlite pipe

1. 角砾岩 2. 含大量围岩角砾的斑状金伯利岩
3. 含少量围岩角砾的金伯利岩 4. 斑状金伯利岩

大小岩筒为全筒含矿, 但金刚石含量存在较大差别, 其 300 m 以上金刚石平均品位分别为 390.08 mg/m³(大岩筒)和 963.34 mg/m³(小岩筒)。但是大小岩筒合并后的深部(300~600 m), 金刚石的平均品位仅为 378.51 mg/m³。岩筒中所产金刚石表面出现各种凹坑、熔蚀沟、毛玻璃化等。有些金刚石具石墨化外壳。晶体完整程度较差, 完整晶体平均占 32.24%, 具少量破损的占 19.46%, 大部破损的占 48.30%。

关于岩筒的形成时代。根据其北部第二岩带的最高侵位层位为奥陶系灰岩, 推断岩筒的形成时代为中奥陶世之后。另根据古地磁数据以及多种样品、多种方法的同位素年龄数值测定, 其年龄值为 450~480 Ma。确定岩筒的形成时代为晚奥陶世(440~460 Ma)(朱源, 1989)^[15]。

3.2 岩筒的成因分析

关于该岩筒的成因, 目前最具影响的和较普遍的认识为火山成因(朱源等, 1999)^[15], 其主要根据是霍桑(1980)依据南非的金伯利岩筒建立的“火山口相-火山道相-根部相”的模式^[17], 并在《山东金刚石地质》^[15]一书中据此认为蒙阴金伯利岩筒的火山口相已被剥蚀掉, 目前只剩下火山道相(少量)及根部相。

但据笔者的研究, 认为该岩筒不是火山岩筒(通道), 而更具次火山岩筒的特征。在其形成时, 岩筒并未贯通地表形成火山。主要有以下几方面的依据:

(1) 岩筒中含有大量围岩角砾, 且这些角砾具备隐爆角砾岩的一般特征。如: 角砾成分复杂; 主要呈

棱角状,被溶蚀、交代的呈浑圆状;砾径小于 10 cm,但多集中在 5~8 cm 间^[16]。而在火山岩筒(通道)中由于岩浆的“冲刷”作用,岩筒中不仅不会存在大量围岩角砾,更难出现上覆岩层的灰岩角砾。

(2) 岩筒中的岩石及其所含角砾具有广泛的热液蚀变特点,如蛇纹石化、碳酸盐化等,且存在隐爆角砾岩筒中普遍具有的“反向溶蚀”现象。例如:按照矿物的生成顺序,金云母应早于蛇纹石生成,但常常可见到相反现象,即金云母交代蛇纹石,形成蛇纹石在内、金云母在外的交代环边结构^[15]。这种“反向溶蚀”现象,是由隐爆作用反复进行及其相应的热液作用造成的。火山通道中的岩石是由火山喷发后的残余岩浆充填凝固而成,不具备反复的热液活动的条件,因此不可能存在强烈的、反复的热液蚀变特征。

(3) 岩筒形成于晚奥陶世,本区自晚奥陶世至早石炭世一直处于抬升剥蚀阶段,如果当时为火山岩筒,势必贯通于地表,必然会遭受风化剥蚀,但在岩筒附近的古剥蚀面上(奥陶系与石炭系之间的不整合面)的底砾岩中的大量取样显示,其中既没有发现金刚石,也没有发现其相应的指示矿物^[15](魏同林, 1993)。

3.3 大、小岩筒的形成过程分析

金伯利岩浆上侵到一定高度后,在其顶部聚集了富含挥发分的热液,当热液内部压力聚集到超过围岩的承受能力时,则在两组断裂的交汇处发生隐爆作用,经过“自下而上”顺次推进“序次叠加”的爆破过程,先形成小岩筒。这一点可以从以下两方面得以证明:

(1) 小岩筒的金刚石品位(963.34 mg/m^3)明显高于大岩筒(390.08 mg/m^3),大、小岩筒合并后金刚石的品位(378.51 mg/m^3)则与大岩筒的品位相当,这显示合并后的小岩筒与大岩筒的金刚石品位具有连续性。

(2) 在大岩筒内含有由小岩筒金伯利岩的角砾,角砾的岩石特征与小岩筒金伯利岩的岩石特征相一致,且所含角砾的稀土元素球粒陨石标准化配分模式与小岩筒金伯利岩的配分模式相近,但与大岩筒金伯利岩的配分模式存在较大差别(图 3)。

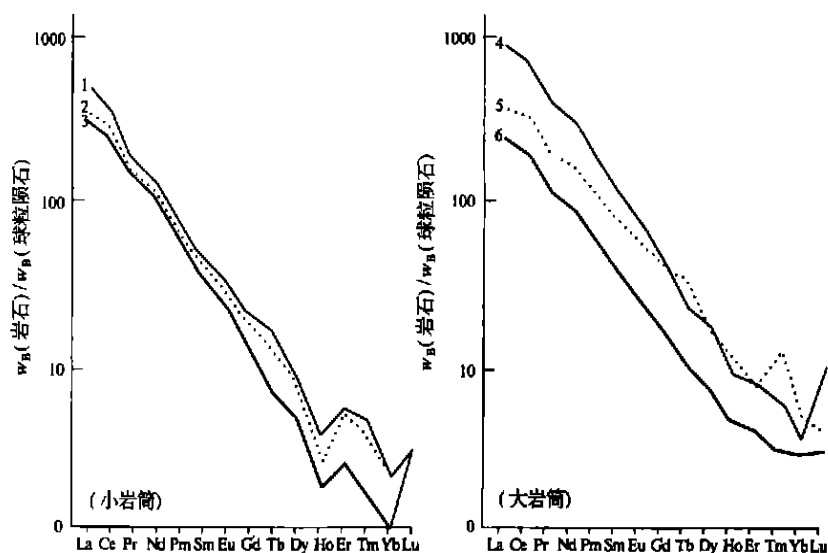


图 3 山东蒙阴胜利 1 号大小岩筒岩石 REE 配分模式

Fig. 3 REE pattern of rock in Shengli No. 1 kimberlite pipe

1, 2, 3 为小岩筒中所取样品; 4, 5, 6 为大岩筒中所取样品

(其中 5 号样为金伯利岩中的金伯利岩包体)

岩浆在小岩筒中随着爆破位置的向上推移而上移,由目前地表存在来自上覆地层(距离>300 m)的灰岩角砾,推断爆破一直推进到奥陶系沉积盖层之中。由于小岩筒的狭长阻滞了岩浆的上移或者岩浆“歇息”后的再次活动,使得岩浆在中途另行开辟了一个通道,即大岩筒。

3.4 有关岩筒成因的几点探讨

小岩筒中金刚石品位明显高于大岩筒品位的原因,可能与它们的形成早晚有关,而其根本原因可能是由于金刚石在岩浆房中的“上浮”分异造成的。由于金刚石在岩筒形成之前就早已存在,并一直裹挟在岩浆之中,因此它的富集在一定程度上将主要决定于岩浆的物理性质。岩筒中所含上覆岩层灰岩的角砾(下移 300 多米),其下移的主要原因可能不是人们通常所认为的“重力下沉”^[16],而有可能是受到顶部“隐爆作用”的“冲击”造成的。角砾在岩筒中因交代而浑圆的程度,取决于角砾自身成分活泼程度以及角砾在岩浆中存在时间的长短。就一般情况而言,灰岩角砾应比英云闪长岩角砾更易于被交代蚀变,但该岩筒中恰恰存在英云闪长岩角砾因蚀变强烈而变为浑圆状、灰岩角砾却棱角分明的现象。这一现象也显示,来自上部的灰岩角砾在岩浆中的存在时间显然要比来自下部的英云闪长岩角砾短得多,尽管它们在岩筒中的最终定位是在相同标高上。

小岩筒内没有出现隐爆角砾岩^[16]表明在岩筒

的形成过程中,在岩筒的顶部发生隐爆作用的是含挥发分的热液,而非岩浆。在次火山岩筒中,隐爆角砾岩的形成和岩浆侵入岩筒之间可能存在一个时间差。

鲁西分布的 3 个金伯利岩带,自北向南依次为:坡里、西峪和常马,3 个岩带以中心相距约 22 km 的间距产出,具较强的等间距特征^[15]。在据此预测的向南延伸的成矿远景区中,多年来金刚石原生矿找矿工作一直未取得进展,其原因也许与预测区可能存在的金伯利岩岩筒具次火山岩筒的特征,加之区内古生代地层剥蚀微弱,使得隐伏岩筒尚未被剥蚀出露有关。

4 结语

次火山岩筒是自然界的一种客观存在,是用来描述与岩筒的形成有关的岩浆进入了岩筒之中,但尚未贯通地表及喷出地表这一现象的,它是隐爆角砾岩筒与火山岩筒之间的过渡类型。次火山岩筒的研究,将为次火山岩筒型矿床以及火山岩筒的成因研究起到积极的作用。

致谢:本文经宋奠南教授级高级工程师的审阅,并提出宝贵意见;另外得到张培强、仲卫国高级工程师的帮助,在此谨表谢意。

参考文献:

[1] 王照波、高传波.鲁西车往峪隐爆角砾岩群特征及其找矿意义

[J]. 山东地质, 2000, 16, (4): 22-24.

- [2] 王照波. 隐爆岩及其形成模式探讨[J]. 地质找矿论丛, 2001, (3): 204-205.
- [3] 王照波, 高传波. 鲁西归来庄金矿成因[J]. 地质找矿论丛, 2001, (4): 247-250.
- [4] 奥夫曼 %. 西伯利亚与南非火山岩筒的对比[A]. 地质部地质科学技术情报研究所. 国外金刚石矿床的地质特征及普查方法[C]. 北京: 中国工业出版社, 1964. 72-73.
- [5] 麦尼雅依洛夫 A. A. 论雅库特地区金刚石原生矿的分布、构造和形成的某些规律[A]. 地质部地质科学技术情报研究所. 国外金刚石矿床的地质特征及普查方法[C]. 北京: 中国工业出版社, 1964. 62-63.
- [6] 张培元, 周永芳, 王家枢. 世界金刚石矿床的形成和分布规律[M]. 北京: 地质出版社, 1982. 124-123.
- [7] 刘家远. 江西燕山期隐爆相岩石特征与成矿[J]. 地质与勘探, 1982, (4): 18-25.
- [8] 马小兵, 李生元. 五台—恒山地区中生代构造-岩浆活动与次火山岩型金银的成矿作用[J]. 地质找矿论丛, 1999, (4): 53.
- [9] 李生元. 山西耿庄金银多金属矿床的成矿条件和成矿模式[J]. 贵金属地质, 1988, (1-2): 267-270.
- [10] 李生元, 马小兵. 晋东北隐爆岩及其对金银的控矿意义[J]. 地质找矿论丛, 1999, (4): 8-12.
- [11] 图戈维克 . 含矿-爆发构造的基本特征[A]. 地质科学院情报所. 国外火山岩地区地质构造[C]. 1976. 67-68.
- [12] 黄尚瑶, 胡素敏, 马兰. 火山、温泉、地热能[M]. 北京: 地质出版社, 1986. 34-35.
- [13] 邱家骧. 岩浆岩岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 1985. 18.
- [14] 高秉章, 洪大卫, 郑基俭, 等. 花岗岩类区 1:5 万区域地质填图方法指南[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991. 116.
- [15] 罗声宣, 任喜荣, 朱源, 等. 山东金刚石地质[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1999. 69-70.
- [16] 张从皓, 徐宏芳, 王致全, 等. 山东省蒙阴县金刚石矿王庄矿区胜利 1、2 号地质勘探报告[R]. 济南: 山东省地质矿产开发局, 1972. 1-140.
- [17] 池际尚, 路凤香. 华北地台金伯利岩及古生代岩石圈地幔特征[M]. 北京: 科学出版社, 1996. 36-37.

PROBING INTO THE CHARACTERISTICS AND GENESIS OF SUB-VOLCANIC ROCK PIPE

—TAKING CASE OF SHENGLI NO. 1 KIMBERLITE PIPE

WANG Zhao-bo¹, ZHANG Xiao-mei², CHENG Guang-suo¹, WANG Wei-de¹

(1. Shangdong No. 7 Institute of Geological Exploration of Mineral Resource, Linyi 276006, China;

2. Shangdong Pingyi Guilaizhuang Gold Mine, Pingyi 273306, China)

Abstract: Case study proves occurrence of sub-volcanic pipe. Characteristics of the sub-volcanic pipe differ from those of the volcanic pipe. Characteristic analysis of Shengli No. 1 kimberlite pipe shows that it is not a volcanic pipe previously described but a sub-volcanic pipe.

Key words: sub-volcanic pipe; the cryptoexplosion; kimberlite pipe; Shandong