

初论金刚石原生矿床成矿系列

银剑钊

(澳大利亚光塔资源有限公司北京代表处,北京 100004)

摘要: 目前所知产金刚石的岩石类型包括金伯利岩、钾镁煌斑岩、榴辉岩、蛇绿岩套、碱性超基性杂岩、碱性超基性煌斑岩和橄榄岩类(方辉橄榄岩、纯橄岩等)等偏碱性超镁铁质岩石,而有经济价值的金刚石原生矿床仅见于金伯利岩和钾镁煌斑岩中,除此之外的其他岩石类型中仅见有少量微粒金刚石。金伯利岩和钾镁煌斑岩都起源于地幔深部,就此意义上讲,二者是同源,但其岩石化学成分、主要矿物组成、产出大地构造背景以及同位素资料等,却存在着比较明显的差异。由此构成了金刚石原生矿床的两个成矿系列:金伯利岩成矿系列和钾镁煌斑岩成矿系列。金伯利岩成矿系列又可以根据其化学成分划分为 3 个亚系列,即:高~~锰~~高~~镍~~成矿亚系列,低~~锰~~低~~镍~~成矿亚系列和介于二者之间的一种具有复杂化学成分的成矿亚系列。钾镁煌斑岩成矿系列则可以根据其主要矿物组成,划分出橄榄石钾镁煌斑岩成矿亚系列、石榴石钾镁煌斑岩成矿亚系列以及介于两者之间的石榴石-橄榄石钾镁煌斑岩成矿亚系列共 3 种次级成矿系列。与此同时,无论是金伯利岩成矿系列,还是钾镁煌斑岩成矿系列,又都可以根据其野外地质产状,划分为以下 3 个成矿亚系列(形成时间从早到晚): (1) 火山沉积凝灰岩成矿亚系列; (2) 火山凝灰角砾岩成矿亚系列; (3) 火山-次火山侵入相成矿亚系列。

关键词: 金伯利岩; 钾镁煌斑岩; 金刚石原生矿床; 成矿系列; 深部地幔。

中图分类号: 摩611.1; 摩619.24⁺2

文献标识码: 特

文章编号: 1000-2383(2000)04-0380-04

作者简介: 银剑钊,男,高级工程师,1965 年生,1993 年毕业于中国地质大学(北京)研究生院,获矿床地质学博士学位,长期从事金矿床和稀散元素矿床成矿理论的研究工作,近几年专门从事金刚石原生矿床的找矿勘探工作。

20 世纪 80 年代以前,人类所知含金刚石尤其是产出具有重要工业价值金刚石原生矿床的岩石,主要为金伯利岩(科拉岩)。除此之外,并无其他岩石类型能够与天然金刚石相互联系起来。20 世纪 70 年代末至 80 年代初,随着大量含或不含金刚石的钾镁煌斑岩(煌斑岩),又被译作金云火山岩或橄榄金云火山角砾岩)岩管和岩脉在澳大利亚西北部金伯利地区的发现,其中尤其是特力岩钾镁煌斑岩型金刚石原生矿床这一迄今世界规模最大的金刚石原生矿床的发现,金伯利岩作为原生金刚石矿床唯一母岩的至尊地位被打破了。从此以后,人们寻找金刚石原生矿床的眼界大大地开阔了。全球各地不但发现了大量具有或不具有经济价值的钾镁煌斑岩岩管和岩脉,而且在金伯利岩和钾镁煌斑岩之外的其他超镁铁质岩石类型中,也选出了部分微粒金刚石。至此,我们目前所知产金刚石的主要岩石类型,已经

可以包括金伯利岩、钾镁煌斑岩、榴辉岩(蛇绿岩杂岩中的榴辉岩和片麻岩、结晶片岩中的榴辉岩)、蛇绿岩套、碱性超基性(火山)杂岩、碱性超基性煌斑岩和橄榄岩类(蛇绿岩杂岩中的方辉橄榄岩、片麻岩中的石榴石橄榄岩、纯橄岩等)等多种偏碱性超镁铁质岩石了。当然,有经济价值的金刚石原生矿床仍仅见于金伯利岩和钾镁煌斑岩之中,除此之外的其他岩石类型中仅见有少量微粒金刚石。

1 金伯利岩型成矿系列

1.1 基于重要化学成分的成矿亚系列

对比全世界目前所发现的金伯利岩岩管和岩脉,虽然不同国家和地区所产金伯利岩并不完全相同,但其主要岩石化学成分和矿物组成还是基本一致的,尤其是主要矿物成分,几乎没有有什么明显区别;但全球不同地区的金伯利岩在~~锰~~高~~镍~~含量

方面,还是有差异的,而这3种元素在金伯利岩中含量的高低,几乎决定了其金刚石含矿性的大小以及是否具有重大经济价值.因此,从金伯利岩的 Cr 、 Ni 、 Co 含量入手,可以将金伯利岩型原生金刚石成矿系列进行如下划分,即划分为3个成矿亚系列(特别说明,以下定量数值不是世界上所有金伯利岩岩管的统计数值,因而其代表性有待于进一步研究、确认):(1)高 Cr 、 Ni 、 Co 成矿亚系列, $\text{Cr} > 550 \times 10^{-6}$, $\text{Ni} > 1.5\%$, $\text{Co} > 15\%$; (2)低 Cr 、 Ni 、 Co 成矿亚系列, $\text{Cr} < 550 \times 10^{-6}$, $\text{Ni} < 1.5\%$, $\text{Co} < 15\%$; (3)介于二者之间的一种具有复杂化学成分的成矿亚系列.

世界上绝大多数已知具有重要经济价值的金伯利岩型金刚石原生矿床,主要产出于上述高 Cr 、 Ni 、 Co 成矿亚系列中,少部分产出于具有复杂化学成分的过渡类型成矿亚系列中.而在低 Cr 、 Ni 、 Co 成矿亚系列中,往往很难产出具有重要经济价值的金伯利岩型原生金刚石矿床,但此类金伯利岩中多数含有少量金刚石.

1.2 基于主要地质产状的成矿亚系列

从野外地质产状上来看,金伯利岩型金刚石原生矿床成矿系列可以划分为以下3种亚系列:(1)火山沉积凝灰岩成矿亚系列;(2)火山凝灰角砾岩成矿亚系列;(3)火山-次火山侵入相成矿亚系列.

上述3种成矿亚系列基本上是按照其形成时间从早到晚的顺序排出的.这种时间顺序是与火山活动次序相匹配的.

金伯利火山沉积凝灰岩成矿亚系列大致相当于火山口相堆积物质,其主要物质组成是火山喷发早期的火山灰、围岩碎屑以及少量火山弹和火山角砾.围岩碎屑是此类物质堆积的重要组成标志之一,也是其区别于金伯利火山凝灰角砾岩成矿亚系列物质组分的重要标志之一.一般来说,金伯利火山沉积凝灰岩成矿亚系列中的金刚石品位比较高.金伯利火山凝灰角砾岩成矿亚系列大致相当于火山口相与火山通道相之间的物质堆积体.这种堆积体的主要物质组成是火山角砾、火山灰和部分火山熔浆物质.其结构主要为角砾凝灰结构、角砾斑杂构造.几乎不含围岩碎屑是此类物质的重要组成标志之一,也是它区别于金伯利火山沉积凝灰岩亚系列物质组分的重要标志之一.一般来说,金伯利火山凝灰角砾岩成矿亚系列中的金刚石品位,在上述3种成矿亚系列中是最高的.金伯利火山-次火山侵入相成矿亚系列,

大致相当于纯理论意义上的火山通道相和火山根部相物质堆积体,其主要构成物质,是火山活动后期缓慢上升的岩浆熔融体.由于此时岩浆熔融体上升的速度极为缓慢,远远低于金伯利火山沉积凝灰岩成矿亚系列和火山凝灰角砾岩成矿亚系列形成时的火山喷发速度,从而不利于金刚石的保存(多数金刚石在如此缓慢的上升就位过程中熔化分解掉了).所以一般来说,火山-次火山侵入相成矿亚系列中的金刚石品位,是上述3个成矿亚系列中最低的.

2 钾镁煌斑岩型成矿系列

同样,虽然关于钾镁煌斑岩的成因有着这样或那样的认识,但共同的想法是:钾镁煌斑岩是一种起源于地幔深部的偏碱性超基性岩石,这种岩石主要产出于古、中元古代活动带中,而且这种活动带往往环绕在太古宙克拉通周围.按照板块构造的观点,这种活动带是古老板块之间的俯冲带.梅村道雄等^[1]就特别强调古俯冲带形成钾镁煌斑岩的重要性.从这种意义上说,钾镁煌斑岩系列原生金刚石矿床,是一种与板块构造活动带密切相关的碰撞俯冲型矿床.因此,注意研究古老板块构造碰撞带,是寻找此类金刚石矿床的重要手段之一.

2.1 基于主要矿物组成的成矿亚系列

从矿物成分上而言,钾镁煌斑岩可以分为两种主要类型:石榴石钾镁煌斑岩和橄榄石钾镁煌斑岩.此外,自然界还存在有二者之间的一种过渡类型:石榴石-橄榄石钾镁煌斑岩.从目前世界上所发现的钾镁煌斑岩来看,具有重要经济价值的金刚石矿床主要与橄榄石钾镁煌斑岩有关.石榴石钾镁煌斑岩一般都含有少量金刚石,但基本上不具有重要工业价值.目前一般的看法是,石榴石钾镁煌斑岩的形成深度要较橄榄石钾镁煌斑岩浅一些.

这样,从矿物学角度出发,钾镁煌斑岩型成矿系列就可以划分出3个亚系列:(1)橄榄石钾镁煌斑岩成矿亚系列,橄榄石质量分数20%~50%,石榴石极少;(2)石榴石钾镁煌斑岩成矿亚系列,石榴石质量分数20%~50%,少量橄榄石;(3)石榴石-橄榄石钾镁煌斑岩成矿亚系列.

2.2 基于主要地质产状的成矿亚系列

同样,根据相关的地质产状,钾镁煌斑岩型成矿系列,也可以划分为3个产状亚系列:(1)火山沉积凝灰岩成矿亚系列;(2)火山凝灰角砾岩成矿亚系

表 1 金伯利岩与钾镁煌斑岩的差异^[2~8]表 1 金伯利岩与钾镁煌斑岩的差异^[2~8]

类别	金伯利岩	钾镁煌斑岩
大地构造位置	太古宙地台内部及地台上的元古宙活动带	太古宙—元古宙地台的边缘活动带及相邻的年轻盆地
主要矿物成分	橄榄石、金云母、镁铝榴石、铬尖晶石、铬透辉石、镁钛铁矿、钙钛矿、磷灰石、碳硅石、碳化钨等	橄榄石、金云母/云母、白榴石、铬尖晶石、透辉石、富钾碱镁闪石、以及少量镁铝榴石、铁铝—镁铝榴石、角闪石、辉石、锆石、钙钛矿、磷灰石、金红石、红柱石、长石和似长石、石榴石、钛铁矿等
岩石化学成分	高 CaO 、高 MgO 、高 FeO ，以及全铁含量高于钾镁煌斑岩	低 CaO 、低 MgO 、低 FeO ， K_2O 、 Na_2O 、 H_2O 含量和 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值高于金伯利岩
主要挥发分	H_2O 、 CO_2	H_2O
同位素特征	碳同位素均为负值， $\delta^{13}\text{C}$ 有两个同位素组分区，即 I 类和 II 类金伯利岩	碳同位素资料不多，已有的少量数据也均为负值， $\delta^{13}\text{C}$ 同位素与 II 类金伯利岩的同位素特点相似
主要产出时代	元古宙—第三纪 ($18.7 \times 10^2 \sim 52$ 千万年)	新元古代—中新世 ($11.8 \times 10^2 \sim 19$ 千万年)
捕虏体	镁铝榴石橄榄岩、二辉橄榄岩、榴辉岩等	斜方辉橄榄岩、二辉橄榄岩、榴辉岩等
伴生岩体	碱性岩、偏碱性超基性岩、碳酸岩、辉绿岩、煌斑岩、橄榄玄武岩等	钾质火山岩 (钾质煌斑岩、超钾质煌斑岩、云煌岩等)、碳酸岩等
主要产区	南非地台、东非地台、中非地台、西非地台、西伯利亚地台、印度地台、西澳大利亚地台、北美地台、南美地台、中朝地台	澳大利亚西部金伯利地区、美国阿肯色州的“大草原溪岩管”、印度中部的“马加旺 (Majunga) 岩管”、赞比亚、中国湖南、贵州、湖北、云南等省区

注：金伯利岩主要以镁铝榴石和镁钛铁矿为重要指示矿物而区别于钾镁煌斑岩。此外，金伯利岩不含透长石、角闪石、铁铝榴石、钛榴石、火山玻璃质和多孔火山砾；金伯利岩中有两个世代的橄榄石，而钾镁煌斑岩中只有一个世代。钾镁煌斑岩中几乎不含镁钛铁矿，镁铝榴石也很少，但却含有较多的富钾碱镁闪石等碱性矿物；此外，白榴石以及较高含量的富钛透辉石和含有火山玻璃以及透长石等，也是其区别于金伯利岩的重要特征。

列；(3) 火山—次火山侵入相成矿亚系列。

上述 3 种基于地质产状的钾镁煌斑岩成矿亚系列的主要地质特征，与同样产状的前述金伯利岩的 3 个产状亚系列的特征基本上是一样的。此处不再重述。

3 两个成矿系列的对比

金伯利岩型与钾镁煌斑岩型原生金刚石矿床成矿系列之间的差异，主要体现在它们产出的大地构造位置、矿物成分、同位素地质资料等几个方面 (表 1)。

4 讨论与结论

金伯利岩、钾镁煌斑岩以及其他一些含微粒金刚石的超镁铁质岩石，同样都起源于地幔深部，就此大的形成环境上说，它们是同源的，但其岩石化学成分、主要矿物组成、地质产状、所产出的大地构造背景以及同位素资料等，却存在着比较明显的差异。由此构成了金刚石原生矿床的两个成矿系列：金伯利岩成矿系列和钾镁煌斑岩成矿系列。其中，金伯利岩成矿系列可以根据其化学成分划分为 3 个亚系列，即：高 CaO 、高 MgO 成矿亚系列；低 CaO 、低 MgO 成矿亚系列和介于二者之间的一种具有复杂化学成分的成

矿亚系列。而在钾镁煌斑岩成矿系列中，则可以根据其主要矿物组成，划分出橄榄石钾镁煌斑岩成矿亚系列、白榴石钾镁煌斑岩成矿亚系列以及介于两者之间的白榴石—橄榄石钾镁煌斑岩成矿亚系列共 3 种次级成矿系列。与此同时，无论是金伯利岩成矿系列，还是钾镁煌斑岩成矿系列，又都可以根据其野外地质产状，划分为以下 3 个成矿亚系列 (形成时间从早到晚)：(1) 火山沉积凝灰岩成矿亚系列；(2) 火山凝灰角砾岩成矿亚系列；(3) 火山—次火山侵入相成矿亚系列。

从上面的论述中可以看出，金伯利岩成矿系列与钾镁煌斑岩成矿系列相比，二者在产出大地构造位置、形成深度、岩石化学成分以及同位素特征等诸多方面，均存在着一定差异性。这种差异性一方面反映了二者的形成过程不同——虽然二者均起源于深部地幔之中，但在具体的岩浆起源以及演化轨迹上，则有所不同，以致于产生了两类不同的原生金刚石矿床成矿系列。这同时也提醒我们，在开展金刚石原生矿床的寻找时，既要着眼于稳定的太古宙古老地块内部，同时也不要忽视其周围的元古宙活动带；甚至对更新一些的俯冲碰撞带，也要进行深入解剖。也许，在不久的将来，人们将发现一种甚至多种完全不同于金伯利岩和钾镁煌斑岩的全新的原生金刚石含矿母岩，那样，我们会对金刚石的成矿机理有着更深

