

广西晚泥盆世沉积锰矿的矿质来源及成矿作用*

莫斯霖执笔

(广西地质研究所)

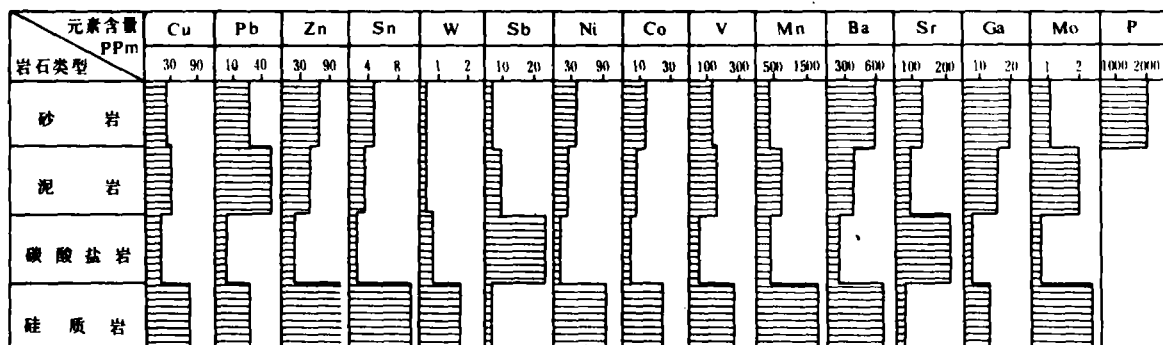


地质·矿床

晚泥盆世是广西沉积锰矿最主要的成矿期之一。多年来,许多单位曾对广西晚泥盆世锰矿进行了研究工作,积累了较多的资料,但对成矿物质来源及矿床成因却说法不一。本文试图从地球化学的观点出发,结合已有的地质资料,探讨广西晚泥盆世锰矿的成矿地球化学作用、成矿物质来源及矿床成因,重点研究了有指示意义的某些微量元素在含锰岩系及锰矿层中的分配、分布、组合特征及其变化规律。

微量元素的丰度及概率分布

微量元素在广西上泥盆统含锰岩系各种类型岩石中的丰度变化如图1。从图1可见,各类岩石中微量元素的分配极不均匀,有的高于地壳同类岩石中的平均值,有的低于同类岩石的地壳丰度。尤其是本期最主要的成矿元素——锰,在硅质岩中出现了明显的高丰度,而在其他类型岩石中丰度又较低。Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Ba, V, W, Sn, Mo和P等与Mn也有相似的情况,多集中于硅质岩中,具有一定的区域地球化学意义。



(样品数 1338个)

图1 广西晚泥盆世沉积岩中微量元素丰度图

为了进一步了解上泥盆统含锰岩系中微量元素含量与成矿作用之间的关系,选择了一些典型剖面做元素含量频率分布图,发现在背景值较低的剖面中,元素含量频率都呈正态分布或对数正态分布,显示了简单的同生沉积特征;而高含量值的剖面中,元素含量频率多呈复式多峰型出现(图2),反映了该岩系中许多高值的出现,曾经受到多种地质作用的影响。

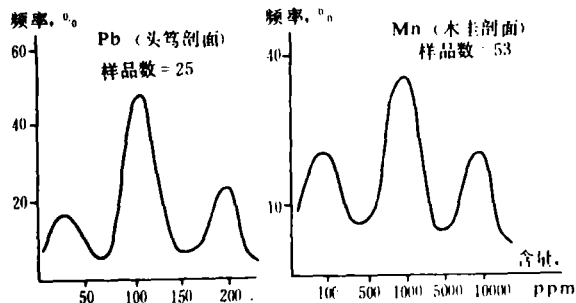


图2 元素含量频率分布图

* 本文全部数据和资料,均为广西地质研究所岩相组全体同志的集体成果,本人只是执笔整理。

微量元素在空间上的分布

用CS—Ⅲ微型电子计算机处理后做出的Mn、Cu、Pb、Ba、Sr等元素含量趋势值表明,微量元素在空间上的分布特征,对广西晚泥盆世沉积锰矿的物质来源及成矿作用有着明显的指示意义:

Mn 含量趋势从北西到南东逐渐增高(图3—1),并在桂西和桂东南出现二个与同期活动断裂走向相一致的高含量带(图3—2)。前者与下雷锰矿田的构造线一致,后者与控制木圭—钦州一带锰矿床(点)的灵山断裂展布吻合。这种分布特征在一定程度上指示了成矿物质来源的信息,反映了晚泥盆世沉积锰矿与同期活动断裂及与此伴随产生的海底火山喷发有一定联系,沿断裂带发生的火山作用带来了大量的锰质进入海沟和海盆。

Cu 含量从北到南逐渐趋于增高(图3—3),并在南部出现一个近东西向展布的高含量带(图3—4)。

铜元素的这种分布特征,既指示了成岩期的同生沉积受到了加里东期东西向古隆起控制的痕迹,也反映了受当时海底火山喷发地质作用的影响,因南部火山活动比北部强烈得多,故铜含量表现出明显的南高北低的趋势。

Pb 元素含量从北东往南西逐渐增高(图3—5),并形成以桂西火山岩出露地区为中心的、比较规则的同心环状高含量带(图3—6)。

铅元素的这种分布特征,也主要指示了沉积—

成岩阶段受到同期火山活动的影响。在受火山活动影响比较强烈的桂西头笃地区,岩石中平均含Pb 160ppm,个别地段高达400ppm。而未受火山活动影响或影响较弱的桂北古当地区,同样岩石中含Pb仅11ppm,两者相差十多倍。

Ba 元素含量呈明显的北低南高的趋势(图3—7)。钡被认为是火山沉积建造的标型元素,其分布特征也说明与火山活动南强北弱有着密切的联系。

Sr 元素含量从北到南逐渐降低(图3—8),与Ba有截然相反的趋势。反映了它们之间在地球化学性质上的差异以及来源性质的不同,由于Sr是碳酸盐的特征元素,常为介壳类生物的饵料,故生物灰岩中Sr含量常更高,而Ba的高含量主要出现在与火山沉积建造有关的硅质岩系中。所以,不同化学性质元素之间所表现出的不同分布特征和变化规律,正是从另一个侧面反映了区域上的不同岩石组合。

微量元素与岩相、古地理的关系

长期以来,多数人认为广西晚泥盆世沉积锰矿受一定的岩相、古地理环境控制,但对成矿物质来源的讨论,却众说纷纭。传统上认为锰质、硅质主要来自“越北古陆”、“云开古陆”或“江南古陆”。为了从地球化学方面提供具有说服力的数据,我们根据广西地质研究所岩相组最近编制的晚泥盆世沉积相、古地理图,并分别统计了不同沉积相中的微

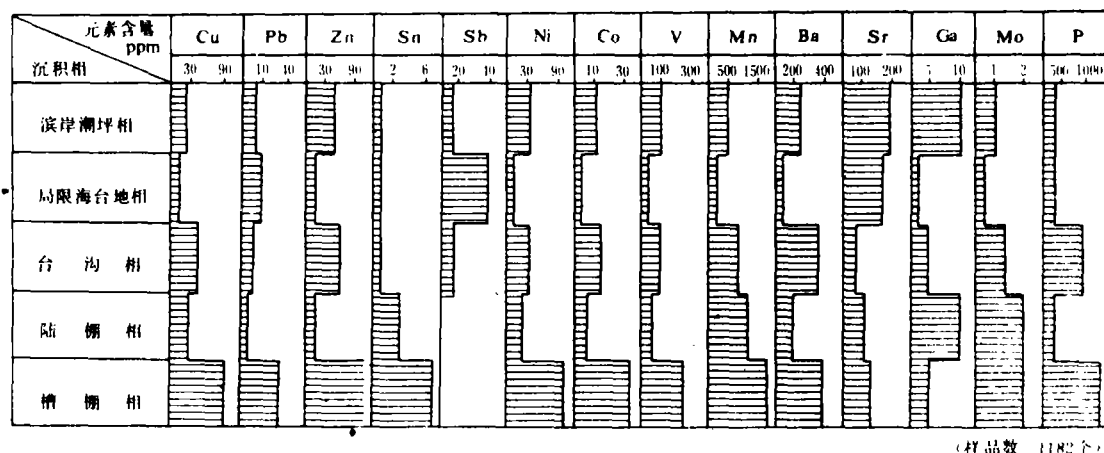


图4 广西晚泥盆世不同沉积相中微量元素含量图

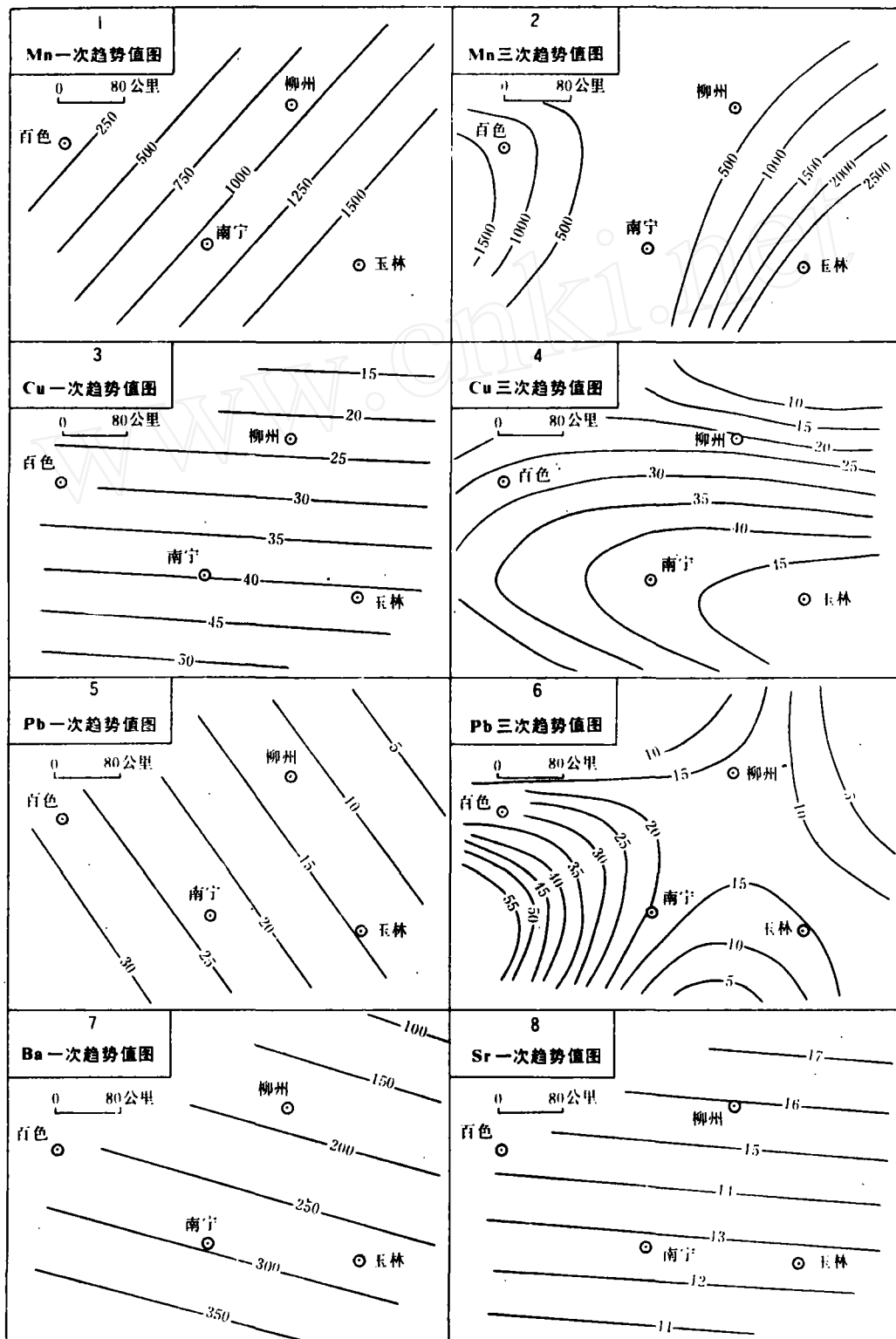


图3 上泥盆统含锰岩系元素含量趋势值图

量元素含量(图4)。

从图4可以看出,Sb和Sr主要出现在局限海碳酸盐台地相中,台沟、陆棚及槽棚相中含量甚微;而Mn,Cu,Pb,Zn,Co,Ni,V,Ba,W,Sn,Mo,P等与Sb和Sr相反,高含量总是出现在台沟、陆棚及槽棚相中。这种地球化学差异与不同沉积环境中的地质因素不同有关,反映了不同沉积环境中微量元素来源性质的差异。滨岸碎屑岩潮坪相中一些微量元素往往比局限海碳酸盐台地相高,但又比台沟、陆棚及槽棚相低,这是“陆源”特征的反映。而台沟、陆棚及槽棚相中某些微量元素的高含量,“陆源”的解释又不能令人满意,如Cu和Sn一般认为是典型的“亲陆”元素,一般从古陆向深海方向,含量逐渐降低。可是,实际统计的数据正好相反,高含量总是出现在远离陆地的台沟、陆棚及槽棚相中,而且明显地受同期活动断裂的控制(图5)。

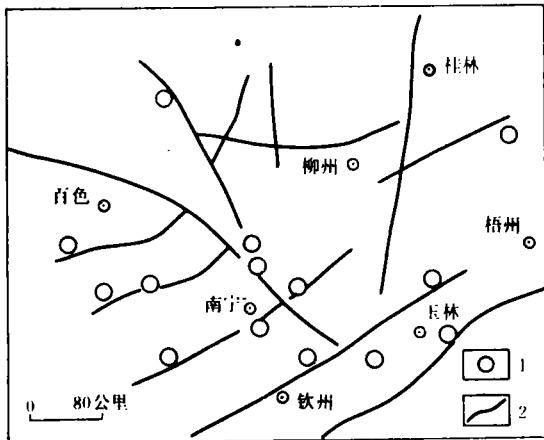


图5 Sn高含量点分布与活动断裂关系图

(据广西地质研究所岩相组)

1—Sn高含量点; 2—活动断裂

Mn,Pb,Zn,Cu,Co,Ni,V,Ba,W,Mo和P等的分布与Sn有许多共性,它们的高含量带延伸方向与同期活动断裂展布极吻合。而同期活动断裂又是控岩、控相的主要因素,海底火山喷发皆沿深断裂分布,海沟、海盆的形成、发展与断裂的活动性质更有着明显的因果关系。所以,Mn,Pb,Zn,Cu,Co,Ni,V,Ba,W,Sn,Mo和P等元素的高含量总是出现在台沟、陆棚及槽棚相

中。可能其来源与控岩、控相的同期活动断裂有关。尤其是本期最主要的成矿元素——Mn,这种关系表现得更加明显,矿床(点)均毫无例外地分布在断裂带及其两侧的狭长地带,广西晚泥盆世沉积锰矿共有五条成矿带,它们皆严格受到五大活动断裂控制(图6)。

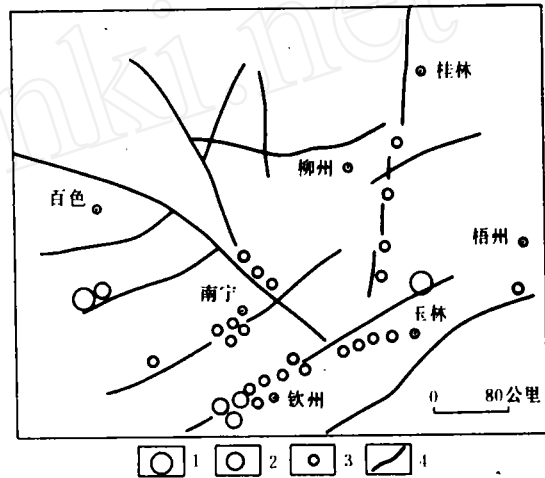


图6 晚泥盆世锰矿床分布与活动断裂关系图

(据广西地质研究所岩相组)

1—大型矿床; 2—中型矿床; 3—小型矿床及矿点

过去认为锰质来自“古陆”,尤其主要来自“云开古陆”的观点,不但与实际地球化学资料矛盾,而且与岩相、古地理的情况也不符合。在晚泥盆世早期,“云开古陆”并不存在,只是以水下隆起出现,桂北陆地(传统上的江南古陆在广西的部分)附近大部分是碳酸盐沉积,碎屑岩极少,说明当时周围岩石中风化带并不发育,不可能有大量的陆源物质剥蚀,锰质的陆源供给非常有限*。

另外,含锰岩岩剖面对比也表明,锰的富集与陆源物质的岩石化学成分无关,而与中基性火山岩的关系十分密切。矿体多赋存在中基性火山岩上下的硅质岩及灰岩中,尤其是两者过渡部位的泥质硅质岩、钙质硅质岩、硅质灰岩、泥质灰岩等混合岩性中。硅质岩与富锰层常形成条带状构造,这种交替条带正代表了沿深断裂发生的火山喷发早期喷气

* 广西地质研究所岩相组: 广西晚泥盆世沉积相、古

地理编图及有关矿产, 1985年。

阶段的产物, 交替条带中的锰和二氧化硅是在比较平静的沉积环境中形成的, 而火山岩的出现, 则代表了火山喷发的强烈阶段, 这种交替条带往往被暂时中断, 并常被中基性熔岩、层凝灰岩所代替。含锰层一般沿活动断裂延伸很长, 但矿体厚度变化大, 矿石中钴元素含量较高, 常与锰、铁伴生, 形成钴锰矿床、钴铁锰矿床, 局部甚至出现单独的钴矿床。矿层中常含有数量不等的碧玉, 而且锰和铁并未分离 (相关系数为0.25)。原生矿石品位较低, 只有经过表生风化作用才能富集成工业矿床。这些特征都暗示着锰质是受深断裂控制的海底火山活动供给的。

根据区测及一些矿区的地质资料, 在龙州县科甲、那坡县坡荷、灵山县石塘、桂平县木圭等晚泥盆世地层中均可见到细碧岩、安山玄武岩、角斑熔岩、凝灰熔岩、凝灰岩或层凝灰岩等中基性熔岩和火山碎屑岩, 它们都是沿着活动断裂分布, 说明晚泥盆世的火山活动主要表现为中基性成分的熔岩水下裂隙式喷溢。在此过程中, 同时带来了大量的 SiO_2 以及 Mn, Cu, Pb, Zn, Co, Ni 和 P 等金属和非金属元素, 并在附近适宜的环境中沉淀。在平面上, 凡有火山岩出露的地段, 二氧化硅和上述元素含量均明显增高, 这是晚泥盆世沉积锰矿的成矿作用和硅质岩的成岩作用与火山作用有关的一个地球化学证据。

元素组合特征

元素间的组合特征是成岩成矿过程中留下的痕迹, 对成矿物质来源及成矿作用都有着一定的指示和反映。为了进一步研究晚泥盆世含锰岩系中元素组合特征及其与成矿作用的关系, 选择了桂平县木圭锰矿上泥盆统含锰剖面中53个分析样的18个元素含量当作变量, 在CS—Ⅲ微型计算机上作R型群分析, 结果如图7。

从谱系图上可以看出, 在0.7的相关水平上将元素明显分成两大类。一类是矿石特征元素组合, 包括Mn、Co、Ni、Ba。另一类是含矿围岩特征元素组合, 包括K、Na、Ga、Ti和Al。

Mn与Co、Ni、Ba的高度正相关, 反映了它们在成岩期间是迁移的, 并具有同源性。其中Mn与Co、Ni显著的正相关, 正是在海底火山喷发的早期阶

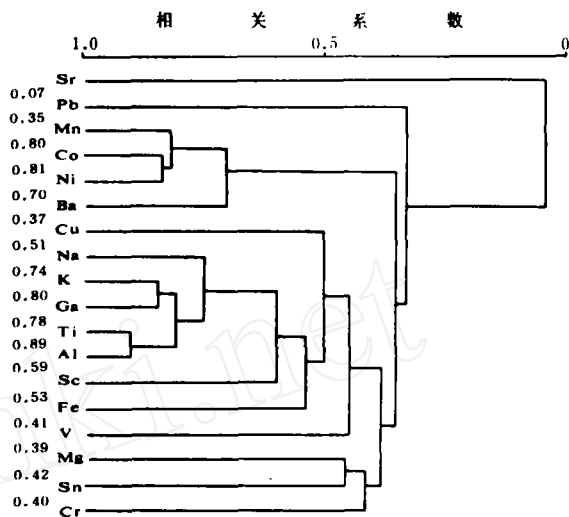


图7 木圭含锰岩系R型群分析元素谱系图

(样品数 = 53)

段, 由于锰的吸附作用所致。而Mn与Ba的相关性, 则是由于火山喷发末期的热液阶段, Ba进入硬锰矿的晶格造成的。

上泥盆统含锰岩系的这种元素组合特征, 从另一方面反映了晚泥盆世沉积锰矿的物质来源不但与同期海底火山活动有关, 而且确切地指示了成矿作用主要发生在海底火山喷发的早期喷气阶段; 同时也反映了火山喷发末期的火山热液对成矿也曾经产生过强烈的改造和影响。

微量元素比值特征

W·Mercer (1976) 曾经指出, 利用矿石中Co/Ni比值可作为矿床成因的标志。他指出: 矿石中 $\text{Co}/\text{Ni} < 1$ 或 $\text{Ni}/\text{Co} > 1$ 是沉积矿床的特征。反之, $\text{Co}/\text{Ni} > 1$ 或 $\text{Ni}/\text{Co} < 1$ 是火山成因或热液成因的标志。

统计, 广西上泥盆统含锰岩系各类沉积岩中, 一般都是 $\text{Ni} > \text{Co}$, 但在锰矿层中则比较多杂, Co/Ni比值大于1和小于1的情况都有出现, 但大部分是落在火山成因或热液成因的范围内, 并出现明显的低—高一低的韵律性变化 (图8)。

Co、Ni的地球化学行为表明, 在热液阶段, Ni的作用相应减小, 而Co的活动性相应增强, 故在热液阶段形成的矿物中Co相对富集。所以, Co/Ni比值在含锰岩系剖面上呈现低—高一低的韵

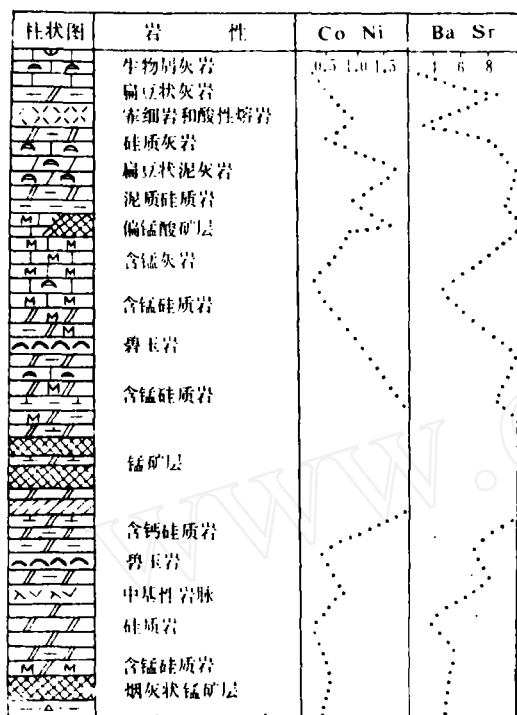


图8 木圭D₃剖面Co/Ni、Ba/Sr比值变化图
(据广西地质研究所岩相组资料修编)

律性变化,正是同期海底火山喷发周期性的反映。说明当时的海底火山喷发并不是一个持续不断的过
程,而是呈间歇性的喷发。可想而知,每当一次火
山喷发,必将同时伴随着一次火山热液活动。因此,
火山活动的多旋回性导致了Co/Ni比值在含锰岩系
剖面上呈现低—高—低的韵律性变化,以及锰矿层
中有时大于1,有时小于1的复杂情况。

涂光炽(1982)指出:Co/Ni比值大于1和小
于1的交错变化,反映了与火山活动有关的层控矿
床是火山沉积及火山热液综合作用的结果。这个结
论对于广西晚泥盆世沉积锰矿来说是比较恰当的。

Ba/Sr比值特征同样也反映了这个问题。国内
外很多文献常利用Ba/Sr > 1或< 1作为指示沉积
环境和矿床成因的标志。由于Ba和Sr与搬运介质的
SO₄²⁻离子结合生成BaSO₄和SrSO₄,其溶解度(在
18℃时)BaSO₄为0.002, SrSO₄为1.4,后者比前
者大千倍以上。当陆源剥蚀物质及各种元素随河水
被搬运到大海时,淡水中的Ba²⁺与海水中的SO₄²⁻
结合生成BaSO₄首先沉淀。而SrSO₄溶解度较大,
可以继续迁移到远海^[1]。所以,在海水介质的沉积

物中,Sr含量较高,而Ba含量相对较低,Ba/Sr
比值自剥蚀区向深海方向一般都是呈规律性地降
低。但在广西晚泥盆世沉积岩中,远离剥蚀区的台
沟、陆棚及槽棚相中的Ba含量明显高于离剥蚀区
较近的滨岸碎屑岩潮坪相,尤其是在含锰岩系及锰
矿层中,Ba/Sr比值很大,一般在2~10之间,甚
至更大(图8)。这种富Ba的比值关系,从地球化
学角度来说,“古陆”来源似不可能,而用海底火山作
用来解释则比较合理。Ba在火山喷发后期随着热
液活动的加强可以大量出现。它除了以伴生方式
赋存于各类沉积岩及锰矿层中外,还常以矿脉富集
出现在它自身的高背景值带中。

为了进一步了解Co/Ni、Ba/Sr比值在区域上
的分布特征与矿质来源及成矿作用之间的关系,
专门统计了33条含锰剖面共1338个光谱半定量分
析样及18个化学分析样,并用普通内插法勾画出等
值线,发现Co/Ni、Ba/Sr比值的高值带均沿同期活
动断裂展布(图9)。其中Co/Ni > 0.5, Ba/Sr

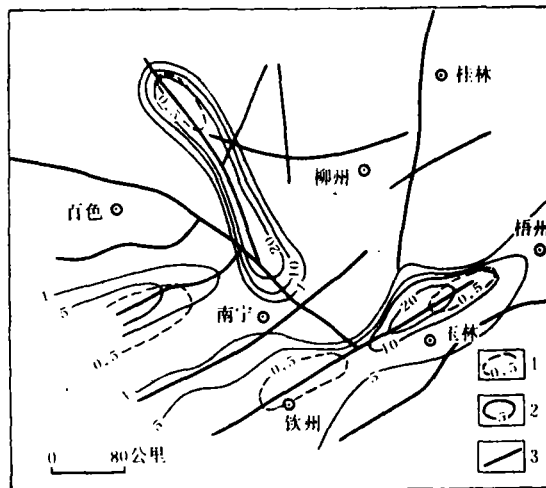


图9 Co/Ni、Ba/Sr比值与活动断裂关系图

1—Co/Ni等值线; 2—Ba/Sr等值线; 3—活动断裂

> 5的范围一般有火山岩出露,并往往伴随着锰矿
床(点)出现。因此,在今后的矿床预测及找矿工
作中,Co/Ni、Ba/Sr比值可以作为指示晚泥盆世原生
沉积锰矿的一个有效的地球化学指标。

本文曾得到我所李志才主任工程师的帮助和指
导,谨此致谢。

[1] 南京大学:地球化学,1979年。