

为10%，在次极值处相对差为25%，可见对这种模型来说，相互磁作用是较明显的。

3.图7所示是图5-3的模型所产生的垂直磁异常，一条是用有限元法算出的，另外两条是用组合的圆柱体（图7）作近似退磁，先算出各部分的平均磁化强度，然后用它们算出各自的垂直磁异常后迭加，从图上看按图形（2）退磁后的结果与用有限元法算的比较接近，而按图形（1）退磁后的结果就差得较远，尤其在383、359点处多了一个低缓的极值。但是对图5-3的模型作分块近似退磁计算时很可能有人按图形（1）做，也会有人按图形（2）来做，这两种分块近似方案都有道理，但各人作法不同结果也因人而异，究竟那种作法合适，以什么为依据判断？在本例中从用有限元法算出的结果看来按图形（2）的作法比较合适，用有限元法计算既考虑了非均匀性的影响也考虑了各部分的相互磁作用，可以给这类问题提供一个较

为客观的判断依据，这说明根据经验对复杂磁性体作分块近似退磁计算时需选择合适的分块模型，若用不同的分块方案算出的结果彼此差异较大时，用有限元法再算一算，可以帮助作出判断。

结 语

有限元法是一种解题能力很强的方法，它使边界条件的处理大为简化，而且解法的通用性强，特别适合处理磁性参数很不均匀、形状很复杂的非均匀磁化问题，缺点是需用内存量较大的计算机，剖分、编号、取数据比较繁琐，容易出错。

工作只是初步的，对三度的情况只作了一点理论证明，具体做法和程序均未研究，而复杂磁性体的非均匀磁化问题很多应作三度问题处理，所以进一步研究在三度条件下的程序和具体做法，将更有实际的意义。

石碌式铁矿的指示元素及化探找铁的实验效果

化探找铁实验小组*

本小组自1976至1978年承担了化探找石碌式富铁矿的研究任务，经组内同志的努力及有关方面的支持、配合，实验达到了预期的效果：石碌式富铁矿的基本指示元素为钡和锰，以常规的化探方法能够达到找矿目的。

石碌铁矿赋存在海西地槽一套浅变质岩系—石碌群中。本群分七层，其中第六、七层为含矿层，以六层为主。矿区有大小矿体30多个，赋存在复式向斜的槽部，大部份为富赤铁矿。在主矿体的底部还有6个铜矿体、4个钴矿体。矿床成因为受变质的沉积铁铜钴矿床。

铁矿床的指示元素

一、指示元素的选择方法：石碌铁矿为优质铁矿，矿石中微量元素的含量极低，种类亦少。如果采用传统方法，从矿石中找指示元素，那是很困难的。因此我们针对铁矿受层位控制这一事实，加强了对层位，特别

是对主要含矿层的研究。在选择指示元素过程中，主要做了如下工作：

1.在研究前人资料的基础上扩大了微量元素和常量元素的分析范围。共分析了Cu、Pb、Zn、Ag、Co、Ni、Cr、V、Ti、Mn、As、Ba、Hg、F、Cl、S、Ge、Ga、Tl、Bi、Sn、W等元素。

2.采样时考虑到各层位和主要含矿层样品的分布、数量和代表性；层位中的样品尽量不采蚀变强烈的样品。

3.整理资料时，统计和对比了各种元素在各分层以及在不同岩性中的均值与分布频率。

二、铁矿的指示元素：通过统计和对比，发现有些元素的均值变化与其母岩有关。例如碎屑岩富钡、钒，碳酸盐岩富锰，泥质岩富钡；这种变化与它们在沉积岩中的

* 小组由冶金部物探公司、广东冶勘940队及中南矿冶学院组成。

丰度变化规律相似。但钡、锰在含矿层中的分布特征与上述规律不同：含矿层中不仅泥质岩类富钡，硅质岩、碳酸盐岩以及铁矿体均富含钡，而且不管是几千万吨的大矿体或是几百吨的小矿体都具有这样的特征。钡的均值比区域背景值大2~10倍；离含矿层愈近，均值愈大。高钡含量(>700ppm)的分布频率也说明这种趋向，铁矿层中分布频率最大(图1上)。锰也具有相似的特征，不过它在矿石中的含量不同：贫矿富锰，富矿贫锰。

指示元素的地球化学特征

一、丰度：本区钡的背景值为225ppm，异常下限为700ppm。含矿层中，钡在不同岩性的分布也不一样。按钡的均值大小排列顺序是：铁矿，铜钴矿体，含铁千枚岩与含铁石英岩(砂岩)，透辉石透闪石岩(简称两透岩)，远矿千枚岩及白云岩。铁矿及含铁的近矿围岩含钡常大于1%，但分布不均匀；两透岩含钡稍低，常见值为1000~3000ppm，分布较均匀。远矿千枚岩和白云岩含钡较低，但比在其他地层中的同类岩石含钡仍高。

锰的背景值为200ppm，异常下限为800ppm，本区其他地层除白云岩富锰外，其余岩性含锰均很低。含矿层中，不独白云岩含锰高，近矿的含铁石英岩(砂岩)、含铁千枚岩以及两透岩含锰也很高，均值大于异常值2~3倍。锰的分布比钡均匀，但含矿层中的富赤铁矿含锰均小于异常下限，只有

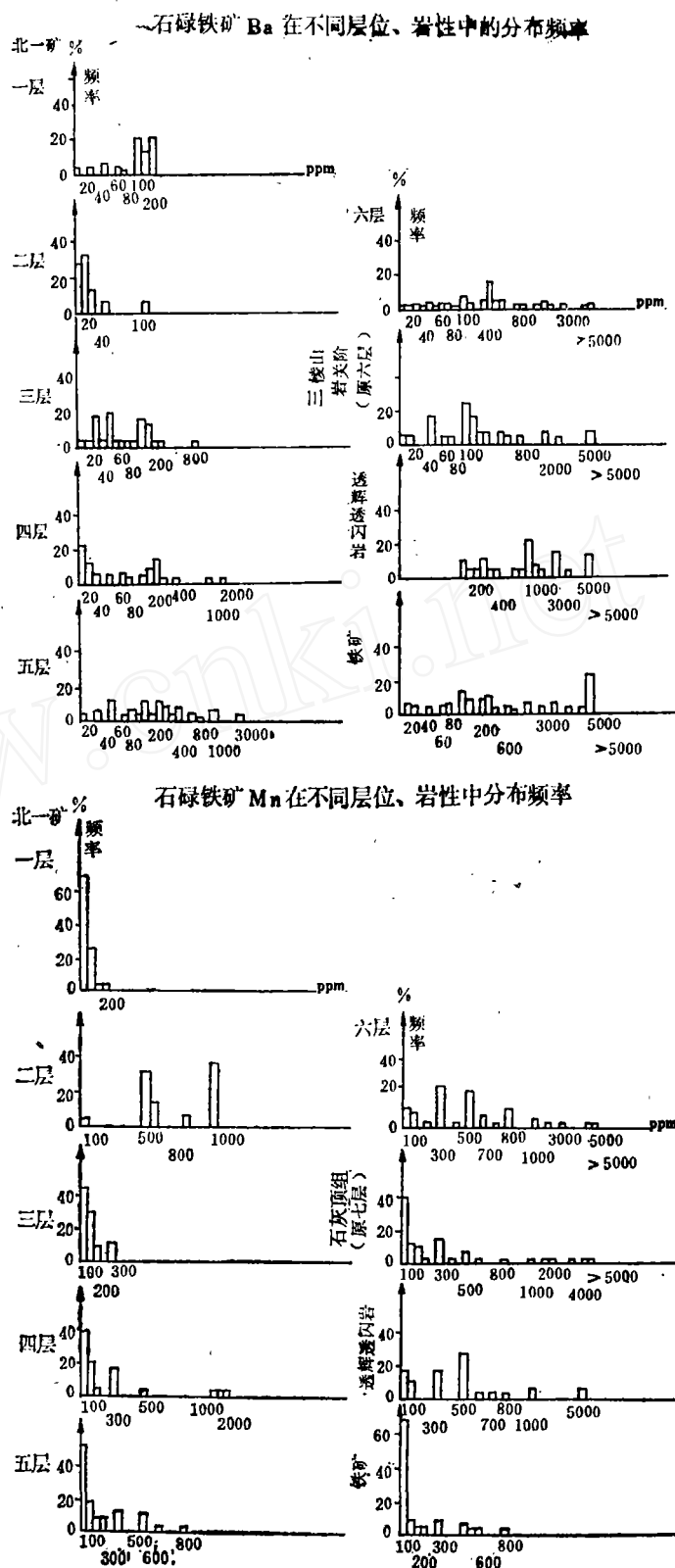


图1

贫赤铁矿才高于异常含量，第七层的贫矿更为明显。铜钴矿体和夕卡岩也富含锰，均值大于异常值2~3倍。

二、赋存状态：为了了解钡在含矿层中的赋存状态，对部分高含量的样品采用不同酸的提取方法。根据提取结果，结合岩矿鉴定、电子探针、激光光谱、单矿物分析等资料判断，钡的赋存状态主要有以下几种：

1. 吸附状态：一般出现在近矿围岩及其风化产物。含铁砂岩、含铁锰石英岩以及含锰千枚岩等吸附的钡量约占总量的20%；有些含钡较低的风化产物吸附钡所占的比率更高，可达43.75%。显然在风化和沉积过程中，锰、铁、硅以及粘土等胶体均可以吸附钡离子。

2. 能溶于HCl的矿物：很多铁和锰的矿物都含钡，例如硅铁钡石、钡硬锰矿等。贫铁矿和角砾状富铁矿，钡的溶取量可高达79.9~91.6%。

3. 形成重晶石：这是本区钡的主要存在形式，主要分布在近矿围岩和矿体中。根据一部分矿物的物相分析，证明矿石中的钡主要与 SO_4^{2-} 结合而没有剩余。重晶石主要有脉状、囊状，还有部分残晶与石英共生。

4. 进入造岩矿物：有些含钡高的两透岩和含铁砂泥质岩经大量薄片观察，并没有见到重晶石，但其中的钡主要仍以难溶矿物出现，可占总量的90~95%。显然，这里的钡主要赋存在造岩矿物中。含钾的矿物如钾长石和云母等常含钡；有些主要见于火山岩的黄长石族矿物其成分为 $Ba_2(FeSi_2O_7)$ — $Ba_2(MnSi_2O_7)$ 。这些矿物还可说明钡、锰与铁的紧密共生关系。

锰在含矿层中有二价、三价、四价。二价锰主要进入白云石、透辉石、透闪石等。据电子探针分析，透辉石、透闪石中的 MnO 含量一般在0.2~0.5%。含铁锰质砂岩中的 Mn^{2+} 含量占锰总量的63.8%，此铁锰质可能以碳酸盐的形式存在。

二价锰与钡的关系并不密切，只有四价锰与钡的关系密切。角砾状富赤铁矿有钡硬锰矿充填在角砾间隙中；其中的锰主要是四价的。

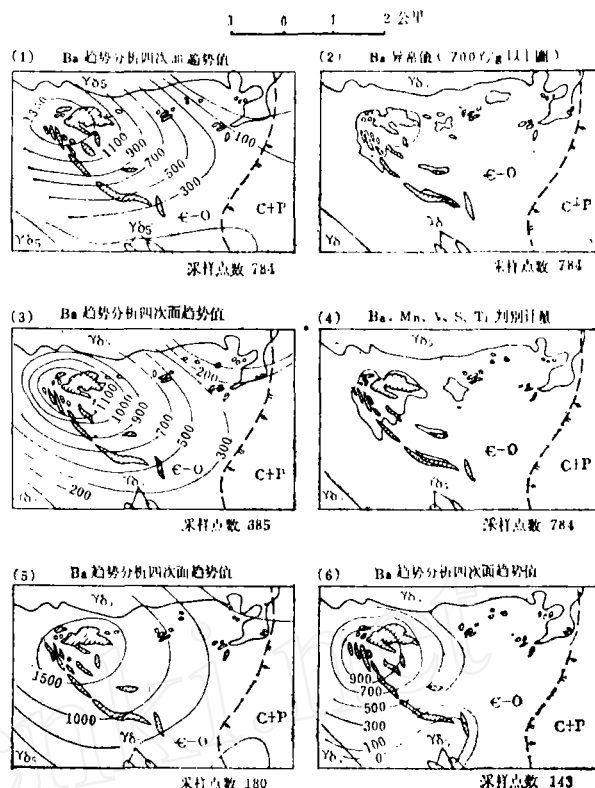


图 2

三、指示元素与铁矿的关系：从指示元素的分布、分配以及赋存状态可以看出，钡、锰在时间和空间上跟含矿层的关系比较密切，它们与成矿物质显然是同源的。但国内的一些陆源沉积铁矿并没有发现富集钡的现象，只有沉积锰矿富集钡。本区的近矿围岩虽然富含锰，但富铁矿仍是贫锰的，而且贫矿所含锰量与锰矿石相差还很远，因此这也不是富集钡的原因。我们认为石碌铁矿的铁质并非来自古陆，但也难以热液作用解释。热液虽也可带来钡、锰，但这里没有热液来源的特征元素，而且钡、锰和铁均有层控和沉积的特征。因此我们认为铁质似应来自海底火山喷发，其依据如下：

1. 有六层铁矿含有碧玉：碧玉是 $Fe(OH)_3$ 与 SiO_2 正负两种胶体凝聚而成的。在表生条件下，这两种胶体不能同时被带入海洋，只有海底火山喷发才有这种条件。我国一些火山型铁矿也含有碧玉，例如镜铁山、四格布台等。

2. 陆源沉积铁矿不能完全排除砂泥质的追随，因而大部分是贫矿；陆源沉积铁矿

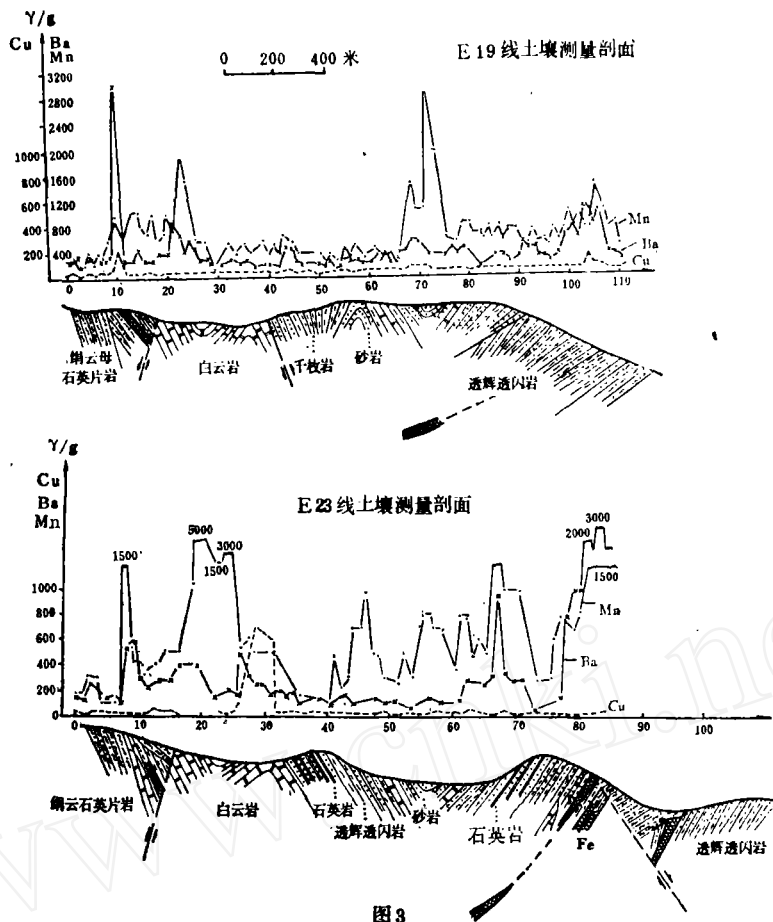


图3

不可能在短暂的时间内形成这么大而富的矿体，火山作用则可以在很短的时间内喷发出大量的优质铁浆。

3. 国内一些火山沉积铁矿，无论是矿体或近矿围岩都发现富含钡，例如鹰阳关、鹅头厂、大红山、四格布台、镜铁山等。有些近矿围岩就是火山岩，有的则变质成为片岩等。石碌铁矿近矿围岩的造岩矿物中也富含钡，这也是火山沉积的特征之一。

4. 无论是北一矿体还是枫树下矿体，其主矿层的石英，绝大部分都不是滚圆的，而是呈云雾状、骨针状、棱角状等嵌镶在铁质中，石英颗粒中也嵌镶着铁矿。这是铁硅胶体重结晶分异（固溶体分解）的产物，与一般沉积铁矿大不相同。

化探找铁的试验效果

以前地球化学测量用铜、钴做指示元素无法圈出矿体异常，现在以钡、锰为基本指示元素却圈出来了（图4），证明选择的指示元素是正确的。为了适应海南地区的特点，

我们又系统地做了岩石地球化学测量和土壤地球化学测量的找矿试验工作，其结果简述如下：

一、岩石地球化学测量：1. 由于钡、锰在岩石中分布不均匀，面积性工作后不容易圈定异常。2. 经三点平均滑动后，钡异常紧紧包裹着矿体，异常很窄。锰圈不出连续异常。3. 经数据处理后，钡和锰的趋势中心与主矿体赋存部位吻合（图2）。4. 在矿区49公里²范围内进行采样密度对比，采样点的密度分别为784、385、180和143（后几种是采样点中随机舍弃部分样品，同时考虑了采样点的均匀分布。180点是把全部铁矿样弃掉，143点是把铁矿和近矿围岩的样弃掉）。结果无论那种密度的趋势图，趋势中心与矿体赋存部位都吻合（见图2）。考虑到地质构造的复杂性，我们认为10点/公里²的密度最为适宜。工作后有钡、锰的异常显示，进行数据处理较合适。

二、土壤地球化学测量：1. 土壤中钡与

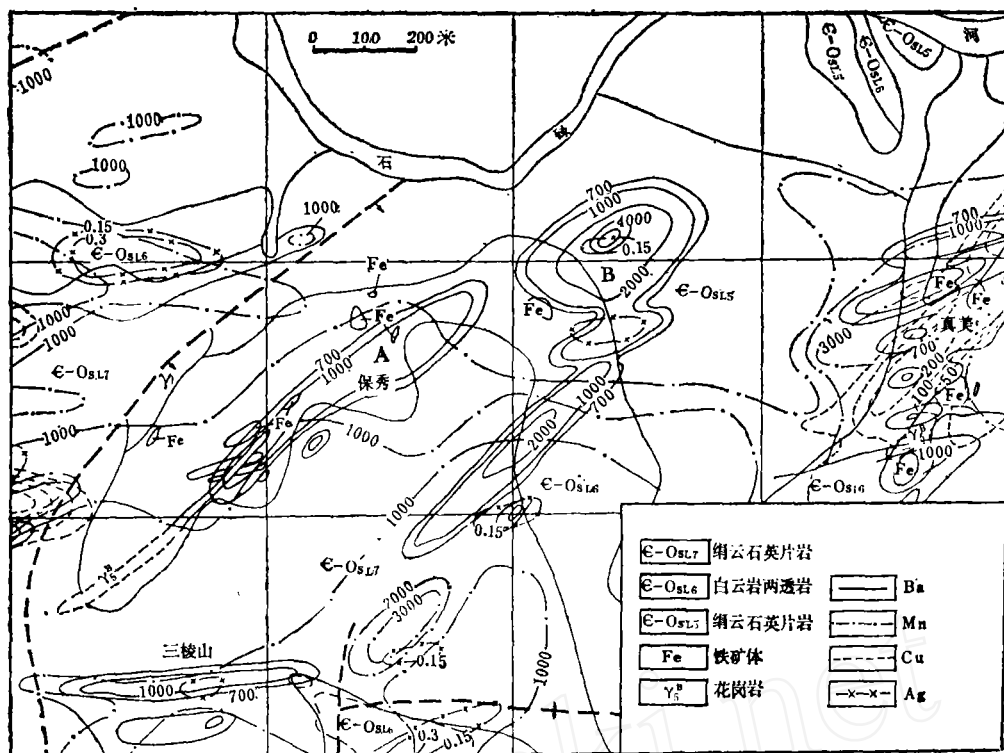


图4 真美-保秀Ba、Mn、Cu、Ag土壤测量等量线平面图

锰的分布较均匀,异常宽度较大,但锰可能产生局部富集。2.浮土掩盖下的铁矿体或含矿层,即使是隐伏的盲矿,均有钡、锰次生异常(见图3、4)。图3E19线剖面经1978年初钻探,深部见到了矿体。

三、干扰异常:一般情况下,钡与锰同时出现的异常是本区的矿致异常;但是引起钡、锰异常的非矿地质因素仍然存在,本区有如下几种:

1.与热液活动有关的钡、锰异常一般伴随有铜、银、铅、锌等组合异常,如图4中的B异常除有钡、锰外,尚有铜、银组合异常。

2.某些岩脉引起的异常经常伴有铜、银、镍、钴异常。在低密度采样时往往是不连续的孤立点。

3.其他沉积层中的钡、锰异常只有外国的大茅群锰矿层、磷块岩和炭质页岩等。它们的异常组合与矿致异常相似,较难区分。异常评价时可以进行相分析,它们经常呈吸附状态。

因此,在找矿工作中,除了采用钡、锰为主要指示元素外,应测定铜、银、钴、镍、铅、锌等元素,以便区分非矿异常。

总之,钡、锰作为石碌式铁矿的指示元素是合适的,它们与成矿物质同源,而成矿物质又以火山物质为主。但钡、锰的赋存状态受后期热液及变质改造影响,分布是不均匀的。在进行岩石地球化学测量和土壤地球化学测量时,应该注意非矿异常的影响,以提高找矿效果。

(执笔者:刘汉忠、刘成湛)

地球化学普查元素累加晕图的编制及应用效果

广东冶金地质勘探公司940队 梁硬干

海南白沙—东方测区区域化探工作,以500×50米测网,以次生晕扫面,用光谱分

析了Cu、Co、Pb、Zn、Ag、W、Sn、Ge、Mn、Ti、Ba、Bi等12个元素。分析元素既