

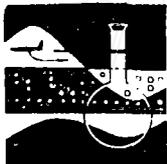
试谈金属矿区物理—地质模型的建立和应用

——以一个钨钼矿区为例

肖 树 建

(有色总公司矿产地质研究院)

通过一个实例阐明,在没有深部工程而有较详细的地面综合资料的地区,如何建立、验证、修改矿区物理—地质模型,如何运用该模型预测隐伏岩体,如何推断产状和矿化富集部位。



物探与化探

问题的提出

1979~1982年,笔者在湖南有色勘探公司及其所属247队的支持和帮助下,在一个钨钼矿区进行了建立和应用物理—地质模型的初步研究工作。

测区北部出露有黑云母二长花岗岩体,围岩全是板溪群板岩。岩体南侧内外接触带见多条含钨石英大脉,间隔较宽,含矿不稳定,只宜民采。岩体西南侧为超覆的斑状花岗岩边缘相。见边界品位之斑岩铜钨矿化,因剥蚀较深,无工业价值。岩体南—西南侧产状呈超覆或直立状,认为是侵入的前冲方向,有利成矿;而岩体东北侧产状侧伏平缓。

据此,地质工作者提出三点要求:①附近是否有类似的隐伏岩体?②若有,产状如何?③矿化最佳部位在何处?

对已知岩体的物性测定表明,它是一个低磁($J < n \times 10^{-6}$ CGSM)、高阻($10^4 \Omega \cdot M$ 级)、低极化($\eta_s \approx 2 \sim 4\%$)的物性体,似乎缺乏工作的物性前提,但1:1万磁法、激电、次生晕

测量结果却出现了大量的物化探异常(图1、2、3)。尤其在已知岩体南侧约1公里的B区,出现了与已知岩体类似的环状正磁异常围绕的负磁异常。依此开始构思本区的物理—地质模型。

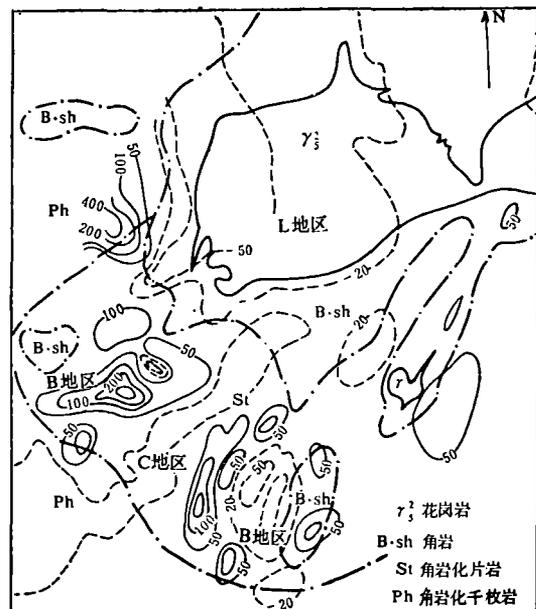


图1 磁法综合平面图
(实、虚等值线分别表示正、负磁异常)



图 2 激电综合平面图

图中近乎平行的虚线代表含钨钼石英脉，虚线表示的激电异常等值线为 $\eta_s \leq 15\%$ 者，示高背景中之低值带

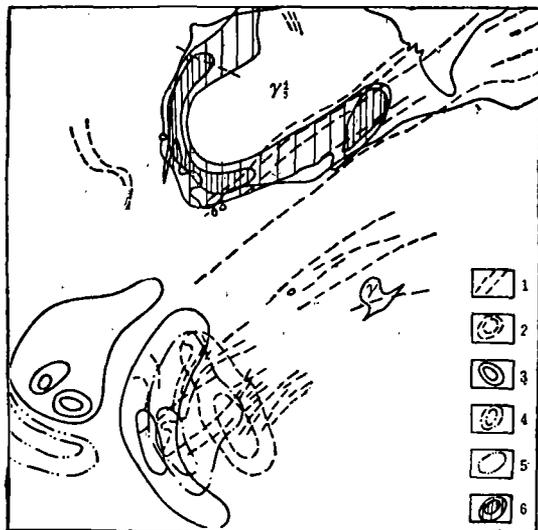


图 3 化探综合平面图

1—含钨钼石英脉，2—钼异常，3—铜异常，4—钨异常，5—铅砷异常，6—铜钨钼综合异常， γ_s —花岗岩

模型的建立

1. 最初的设想 在岩体周边部出现正磁异常的原因，设想板岩经热变质成角岩，其中的黄铁矿经热力烘烤成磁黄铁矿，在岩体周围形成磁性外壳。于是构想了图 4 的模型，其致命弱点是在隐伏岩体上方只测到正磁异常，而非 B 区的负磁异常。A·A·罗加契夫(1979)在《磁法勘探教程》中引述了一个实例：钼矿体的平面投影几乎与负磁异常完全一致。他解释为富硫的岩浆热液流经磁性外壳中的磁黄铁矿时，把它还原成黄铁矿。由于热液活动在岩体顶部，故这一去磁作用的结果是在岩体顶部的磁性壳被开了一个无磁（或低磁）的“天窗”，导致隐伏岩体上方出现负磁异常（图 5）。以此为基础，建立了三度空间的地质—物探—化探“三位一体”的物理—地质模型。

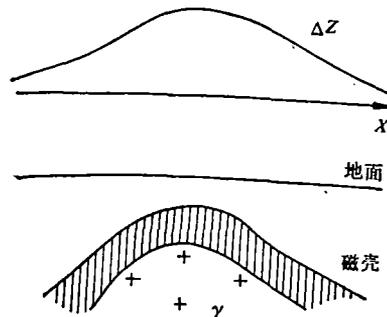


图 4 岩体周围的磁性外壳

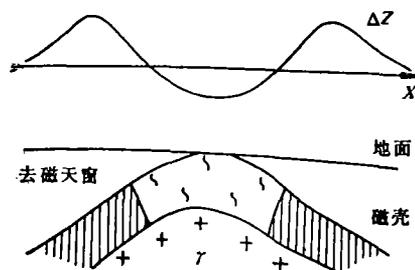


图 5 岩体顶部的去磁天窗

2. 建立的思路 模型的核心是确定引起异常的物性体、地质体及元素分布之间的

关系,并以成矿作用为基础,找出其内在联系。为此,要摆脱异常—矿体这一简单模型的束缚,而以物性体为桥梁,建立异常—物性体—地质目的物之间的确切关系。

在未打一孔的地区建立模型,地表以下物性体的空间分布,只能借助于广义的反演过程。包括详细分析已有的地面资料,运用广泛的知识(如去磁天窗、钨矿五层楼模式、元素分带理论等)。这实质是反演者知识总量向地下深部反馈的过程。

模型的应用是在不同剥蚀水平上正演出所寻地质体在地表的综合标志。这种由地面综合资料 $\xrightarrow{\text{反演}}$ 建立模型 $\xrightarrow{\text{正演}}$ 找标组合 $\xrightarrow{\text{拟合}}$ 修改模型的过程,是不断改进模型使其逐步完善的过程。当然,最终的修改仍须在深部工程验证之后作出。

3. 模型的建立

(1) 地质模型 本区重要的成矿地质作用是岩浆热变质作用和热液活动。变质作用导致围岩由角岩 \rightarrow 角岩化片岩、千枚岩 \rightarrow 斑点板岩 \rightarrow 板岩,是一个降温系列。热液活动主要在岩体顶部,导致①角岩硅化;②自下而上形成石英大脉 \rightarrow 网状薄脉 \rightarrow 细脉 \rightarrow 微脉型石英钨钼矿,网脉密集处含矿最好;③富硫溶液的作用破坏了磁壳,形成去磁天窗;并使大量的黄铁矿、磁黄铁矿以硫化物石英脉或纯硫化物细脉的形式在角岩化千枚岩和片岩带中形成不规则的硫化物晕,且伴随出现铜矿化;④最外围的破碎带中出现铅锌矿化。

根据以上的构想,作出了图6。图中细节已根据验证钻孔资料做了修正。

(2) 地球物理模型 热液带来的硫化物是对物性影响最大的地质作用,它改变了板岩的物性。物性分布的特点是:中心为低磁、高阻、低极化的岩体。与角岩对应为磁性外壳及高阻硅化角岩。由于本区板岩富含沉积黄铁矿,导致全区高极化率背景(约1.2%)。岩体上方角岩出现去磁天窗及大量

高阻、低极化的含钨钼石英脉。

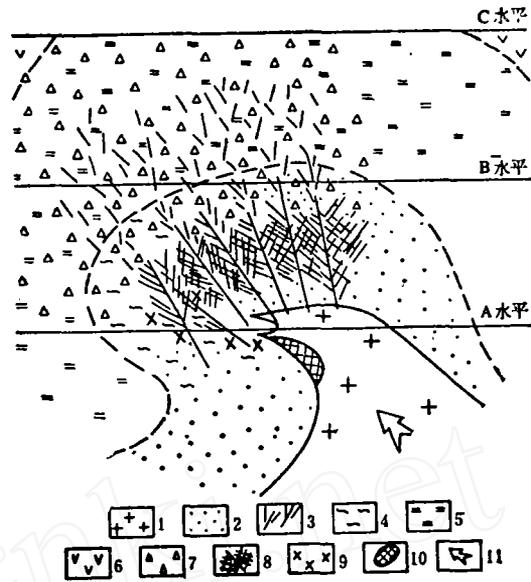


图6 地质模型

- 1—斑状黑云母二长花岗岩; 2—角岩; 3—含钨钼石英脉; 4—角岩化片岩; 5—角岩化千枚岩; 6—斑点板岩; 7—金属硫化物带; 8—含钨钼石英网脉带; 9—红柱石出现地点; 10—边缘相中之浸染型铜钨矿化; 11—岩体侵入方向

在角岩化片岩、千枚岩的内带,岩体上方为高磁、高极化、低阻的硫化物晕,形态极不规则。经测井,岩体顶部与围岩接触部位有厚约20米的无矿低阻破碎带(图7)。

(3) 地球化学模型 如图8所示,元素分带系列为:岩体中的无矿核心 \rightarrow 边缘相超覆部位的铜钨钼组合异常 \rightarrow 围岩中的钼带 \rightarrow 钨带 \rightarrow 铜带 \rightarrow 铅砷带(锌未分析)。图中两级含量区已经钻孔原生晕分析校正(图9)。钼钨高含量带主要与石英网脉带对应;铜与高硫化物带对应;铅砷在更外围,在千枚岩外带与斑点板岩之间的构造破碎带内。

不同剥蚀水平地面综合标志的建立

对模型进行广义正演,建立了不同剥蚀水平的综合标志(见图6中之A、B、C),籍以预测隐伏地质体。

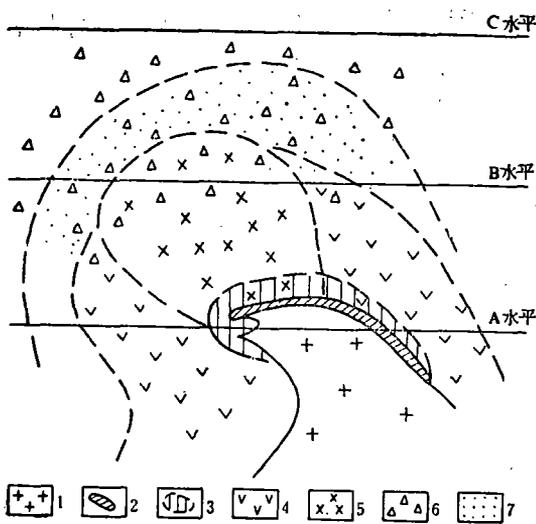


图7 地球物理模型

1-高阻低极化率无磁性体; 2-低阻带; 3-高阻带; 4-热变质磁黄铁矿化外壳; 5-热液蚀变去磁地段; 6-低阻高极化率硫化物带; 7-热液磁黄铁矿晕

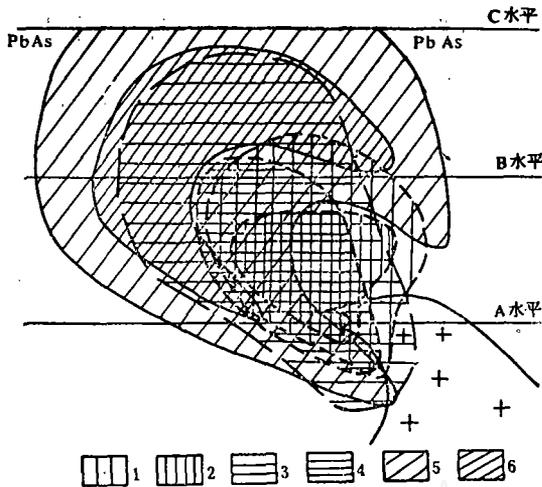


图8 地球化学模型

1-铅分布区; 2-铅高含量区; 3-铅分布区; 4-铅高含量区; 5-铜分布区; 6-铜高含量区

1. 岩体的综合标志

深剥蚀的A水平 相当于图1中的L区, 岩体已出露, 不存在预测问题。已知

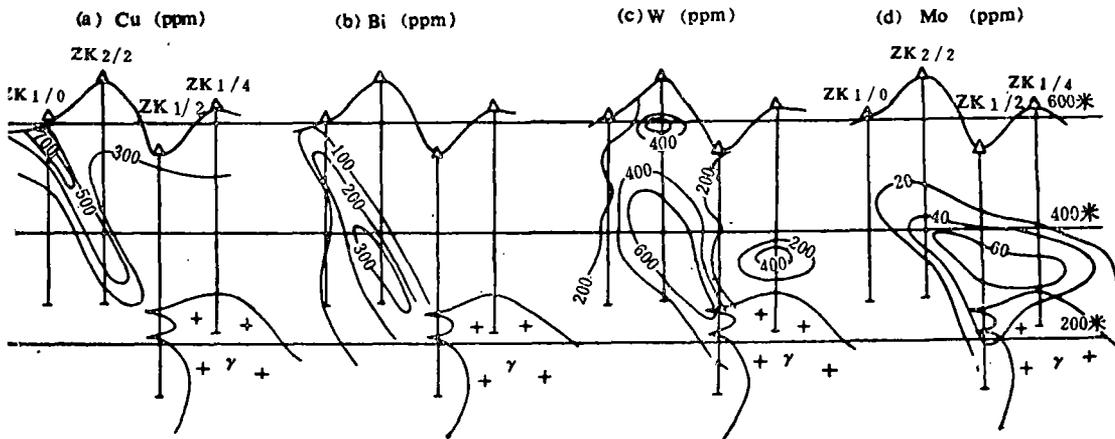


图9 钻孔原生晕综合剖面图

标志有: ①岩体周边部200米以内的角岩变质带; ②石英大脉; ③岩体上为负磁异常*, 低极化率, 周围环绕正磁、高极化率异常; ④铜钨钼高值异常重叠在岩体边缘相上。

中等剥蚀的B水平 岩体隐伏于地下约300米, 图6中正演标志有: ①环链状正磁异常围绕的负磁异常(磁壳包围的去磁天窗); ②环状高激电异常包围的低值带(硫化物包围的氧化物带), ③水平分带明显的

钨钼铜异常; *④小块角岩出露地表, 并见多条石英薄脉和细脉。图1中之B区具上述综合标志。

浅剥蚀的C水平 岩体隐伏于地下约600米。岩体上的标志有: ①不规则的正磁异常(磁黄铁矿晕); ②高值激电、低阻异常、强自电负心(硫化物富集带); ③具

*相对围岩正常场上的观测基点而言。

平水分带的铜铅砷异常，无钼异常，钨只出现个别高值点，④无角岩及钨钼石英脉出露，但可见含硫化物极不规则的石英团块及纯硫化物细脉，未测重力。图1中的S区具上述综合标志。

综上所述，当岩体由出露地表变为深埋藏时，地面标志可发生根本变化；岩体上的磁异常由负变正，激电由低值变高值，自电

由无异常变为强负心等。这些都是寻找隐伏地质体时必须注意的。

2. 岩体侵入方向标志

当岩体斜冲侵位时，总是出现不对称异常。在岩体前冲的超覆部位异常强。本区L和B两地西南侧都出现了强异常，说明这成矿有利部位。

表 1

磁法 激电	负磁异常 低值带	梯 度 带	正磁异常 高值带	正常场或负值区 高值带
化 探	←— Mo —→		←— Bi —→	
	←— W —→		←— Cu —→	←— Pb, As —→
矿 化	←— 钼矿化 —→		←— 铜钼矿化 —→	←— 铅锌矿化 —→
	←— 钨矿化 —→			
类 型	←— 钨钼石英脉型 —→			
			←— 不规则硫化物石英脉型 —→	
			←— 纯硫化物石英脉 或浸染型硫化物 —→	←— 破碎带型 —→

3. 矿化标志

矿化主要受岩体及其前冲部位控制，图6、8的模型已确定了其空间关系。上述岩体标志同样反映了矿化富集部位（表1）。

由表1可见，主要钨钼矿化应出现在负磁异常和梯度带上，并集中于西南侧。

模型的验证

对B平面的B地区和C平面的S地区根据模型标志1981年进行了钻探验证。第一批在B区设计了4个钻孔（图10）。为简化起见，图中只画了磁异常。各孔设计目的是：ZK1/4孔设计在负异常中心，验证隐伏岩体；ZK1/2、ZK2/2孔设计在梯度带上，验证钨钼矿化最佳部位、了解岩体产状；ZK1/0孔原设计在X处，因地形关系难施工改在

正异常上，验证铜矿化。

1. 隐伏岩体的验证 ZK1/4孔在孔深330米，（标高290米）处见花岗岩，在岩体中钻进70米，见中心相即停钻。ZK1/2孔在标高270米附近见两条花岗岩脉，继续施工到标高100米即见岩体。此两孔间距约200米，可见岩体在西南侧呈超覆现象。4个钻孔按距负磁异常中心的远近排列，其地质、原生晕结果见图9。

2. 矿化最佳部位的验证 4个钻孔全都打到了工业矿段（Mo0.06%、W0.12%）。以ZK1/2和ZK2/2含矿最好，分别见总厚30余米的Mo、10余米的W及30余米W、10余米Mo矿段。矿段由网状交叉的三组（陡脉、顺层缓脉、逆层缓脉）石英脉组成，富集在340~490米标高范围内。ZK1/4孔只见10余

米的Mo矿段, ZK1/0孔见数米钨矿段,但近地表见铜矿相对富集,个别样接近边界品位。

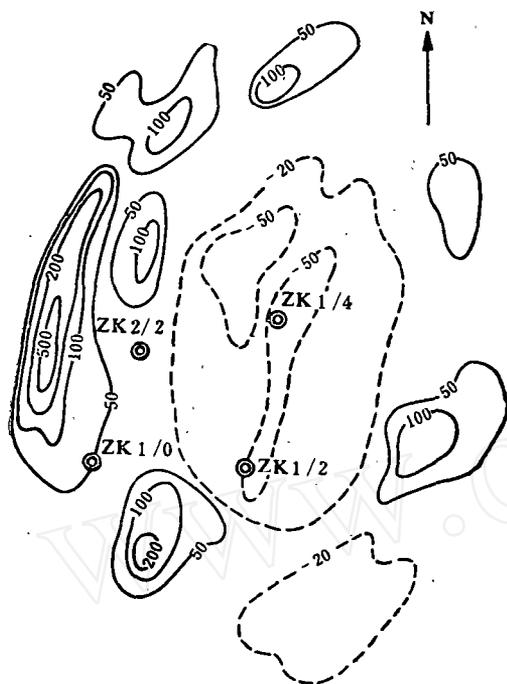


图 10 磁异常及钻孔位置平面图

四个钻孔磁性测定结果 表 2

钻孔号	孔位	标本数	磁性标本数 及百分比	$\bar{J} \times 10^{-6}$ CGSM
ZK1/4	负异常中心	66	31 (47%)	68
ZK1/2	负异常边部	86	42 (48.8%)	84
ZK2/2	梯度带	38	28 (73.7%)	180
ZK1/0	正异常	69	65 (94.2%)	170

由此可见,在目的物(岩体、钨钼石英脉等)不具磁性的前提下,通过建立物理—地质模型,用以磁法为主的综合方法,较好地解决了地质问题。

3. 去磁天窗的验证 表 2 列出了 4 个钻孔每隔 5 米取样测定磁性(磁称法)的结果。ZK1/4 孔位于岩体上方, ZK1/0 孔位于磁壳上方。由表 2 可见,①去磁天窗确实存在,岩体上方有一半标本无磁性,总磁化强度值也下降了一半多;②未彻底去磁的原因恐与岩体本身含矿不理想,成矿物源不丰富,热液活动不强烈有关。这也是本区未发现厚大富矿的根本原因。

4. 验证工作之不足 ①矿体贫而分散,经济效益不显著;②由于岩体含矿性已定,加上施工困难等原因,对未反映 C 水平的 S 区进行验证;③同样,对 ZK1/4 和 ZK1/2 孔之间隐伏岩体超覆部位的含矿性,以及 ZK1/0 孔外侧的铜铅锌含矿性未进一步工作。

总之,通过建立矿区物理—地质模型,以成矿地质作用为基础,以地质—物探—化探的分布模型为桥梁,可以找到异常与地质现象之间的联系,解决了地质问题。同时,通过建立不同剥蚀水平上的综合找矿标志,为解决隐伏地质问题也提供了手段。

作者向湖南勘探公司及其所属 247 队、一分队及熊光楚同志表示谢意。

The Geophysical-Geological Model of a Mining District: Its Establishment and Application

Xiao Shujian

In a mining district without a clear premise of geophysical properties and any available underground work data, it is very hard to solve following problems by using the geological model alone: (1) to make a microgenetic prognosis of a concealed intrusive, (2) to predict its mode of occurrence, and (3) to locate its enrichment mineralization part. For this purpose a compatible geophysical-geological model is necessary, and should be at first established through different geophysical-geochemical surveys. The mode must be uninterruptedly tested and modified to tend to be gradually perfect to solve the local geological exploration problems. In the paper a practical case is cited.