矿 产 与 地 质

1988年 （第2卷） 第3期

陆相火山岩矿床的地球物理特征及找矿作用

梁乃杰

（浙江省地质矿产局）

摘要 本文根据浙江省地质资料，参考东南沿海有关研究成果编写而成。文中综介了陆相火山岩的地球物理特征，应用地球物理方法对陆相火山岩区找矿的作用，以及解决一些基础地质问题的认识。

一、陆相火山岩型矿床的地球物理特征

1.陆相火山岩是一个独立的物性层

经过系统的对剖面岩石物性参数测定结果，认为中生代陆相火山岩具独立物性层。从图1和表1可知，火山岩系的物性有五个特点：

（1）盖层是一个弱磁性，弱放射性、低密度和低电阻的物性层，个别地区在第三系中

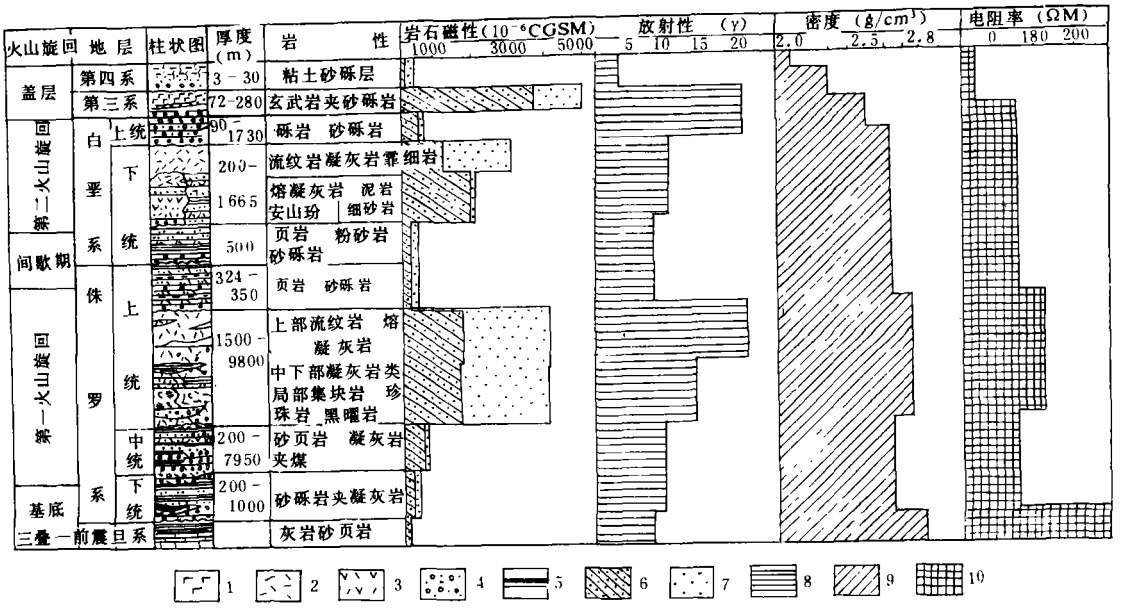


图1 中生代火山旋回及其岩石物性表

1－玄武岩 2－凝灰岩、凝灰熔岩 3－熔结凝灰岩 4－砂砾岩 5－砂页岩夹煤 6－岩石磁化率K值 7－岩石剩余磁化强度J_r值 8－放射性强度 9－岩石密度 10－电阻率值

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

夹有玄武岩时，才出现高磁性和高放射性的特性；

（2）第二期火山喷发旋回的白垩系，是个中等磁性、放射性和中等密度、电阻率的层位，也夹有个别高磁、高放射性层；

表1　浙江省火山岩相物性参数表

不同成份岩相		代表岩性	磁性（n·10⁻⁶CGSM）		电　性		密度	放射性
			K	J_r	P(Ω-H)	η（%）	g cm³	(r)
火山颈相	基(超基)性	辉绿岩、玄武岩	4120	1780	30	1.5	2.68	15
	中　性	闪长玢岩、安山玢岩	4390	2620	200	3.0	2.66	21
	中酸性	花岗闪长斑岩、英安岩	3000	840	500	2.0	2.50	50
	酸　性	霏细斑岩、花岗斑岩、石英斑岩	70	420	500	1.5	2.50	27
喷发相	爆发亚相	角砾凝灰岩、熔结凝灰岩、集块岩、角砾岩、凝灰岩	1220	4340	100	2.0	2.54	31.5
		熔结凝灰岩	1750	5820	500	2.0	2.53	32.5
	喷溢亚相 中基性	玄武岩、安山岩	4490	7380	1000	5.0	2.59	15
	喷溢亚相 酸性	流纹岩、凝灰熔岩	1150	3360	1000	2.0	2.54	33
喷发—沉积相		沉凝灰岩、凝灰质砂岩	600	700	30	1.5	2.47	24
基底	沉积—变质相	砂页岩、灰岩、变质岩	261	100	1000	2.0	2.69	21

（3）第一期火山喷发旋回的中，上侏罗统是个具有强磁性、强放射性、中电阻率和中密度的层位，其中的磨石山组在中生代火山岩中是个物性数值最高的层位；

（1）两期火山旋回之间的下白垩统，是个弱磁性、弱放射性、低电阻和低密度的层位；

（5）火山岩地区基底中生界则是弱磁性、弱放射性、高电阻、高密度的层位。

综上所述，火山岩具有强磁性、强放射性的层位，且与基底又有明显的密度和电阻率差异（$\Delta\delta = -0.10 \sim -0.13 g/cm^3$，$\Delta\rho \geqslant 1000\Omega - M$）因此，可利用航磁、航空放射性、重力和电法来找矿和开展深部地质填图。

2.火山机物的岩相具有显著的物性组合

通过火山锥、火山口、火山颈、次火山岩体的多种岩性的物性测定，结果列于表1和图2。分析这些资料可知：

（1）酸性火山颈、次火山岩相岩石具有弱磁性、低密度和高电阻、低极化率和高放射性强度特点，中、基性火山颈次火山相岩石除磁性增强外，其他特性相同；

（2）喷发、溢流相岩石具有强磁性（尤其剩磁）、高密度、高电阻、低极化率和中等放射性强度的特点；

（3）喷发沉积相岩石具有弱磁性、低密度、低电阻、低极化率和弱放射性强度特点。

火山机构中不同岩相岩石物性组合的差异，能引起不同形式的综合异常，它是利用地球物理方法地质填图、圈定火山机构的构造，进行找矿的基础。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3.火山构造具有特殊的异常模式

根据重磁和电性、放射性的相互关系，火山构造具有几种常见的组合形式（图3）。

（1）线型　重力异常梯度带上，磁异常呈带状分布，放射性和电法异常呈点状，串珠状定向分布，二者方向一致，反映裂隙喷发的火山构造，沿断裂侵入的火成岩，次火山岩和火山作用前期的断裂构造（常是基底构造）等。

（2）环型　指重磁异常和电法异常呈环状分布，放射性和激电异常分布于环边或中心部位。反映火山中心喷发的火山构造，如多种类型的火山口、破火山口、火山洼地，火山盆地等，它包括有正、负环型、单、复环型，圆—椭圆型、弧型和“帚状”型等五类；

（3）X型　重力梯级带或局部重力高异常背景上，磁异常和激电异常呈“X”形迭加其上，反映火山穹隆或火山口附近形成的放射状断裂和火山喷发前交叉断裂控制的火山机构或次火山岩体。它包括有“丁”字型、“米”字型、“歹”字型和放射型等五类。

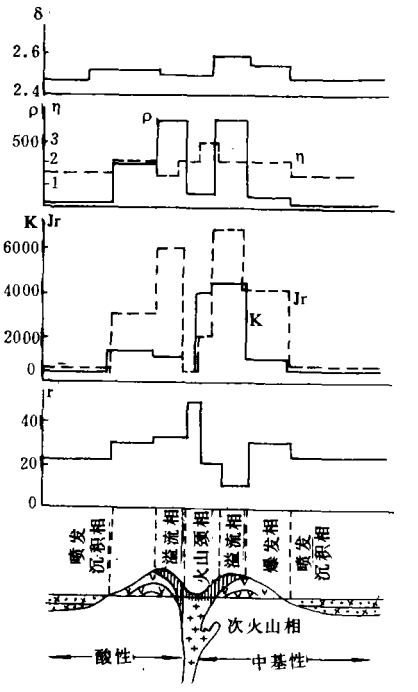


图2

（4）不规则型　指重磁和电性、放射性异常呈不规则分布。反映期次火山活动。

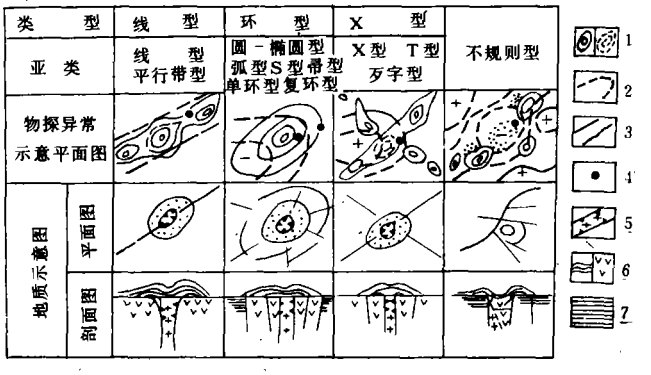


图3　火山构造物探异常类型图（据东南沿海地区资料编）

1—正负磁异常　2—正重力高、负重力低　3—断裂　4—电法放射性异常点或矿床（点）　5—火山口、火山颈　6—火山锥火山碎屑岩　7—基岩

二、应用地球物理方法对陆相火山岩矿床的找矿作用

1.找矿的基本思路

（1）利用物探方法圈定某一成矿时期的含矿层位和含矿岩相，直接或间接指导找矿。如杭州北部膨润土矿床产于晚侏罗—白垩纪火山断陷盆地内的英安质角砾凝灰岩和沉凝灰岩中，具有强磁低电阻低密度的物性特征，环形重力低与椭圆形强磁套合，能有效地圈出金矿盆地的范围，由测深则能确定含矿层的厚度和埋深，并圈定盆地基底构造形态。

（2）直接发现和圈定含矿的次火山岩体，如用综合物探方法可以直接寻找含铜斑岩体，

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

含铁玢岩体，含金多金属矿的霏细斑岩体，含铜钼的花岗闪长斑岩体以及含金铀的流纹斑岩体等等。

（3）发现和圈定各种火山构造及成矿有利部位，以间接指导找矿。

如火山热液矿床常与火山口、破火山口及火山穹隆边缘次级环状、放射状断裂有密切关系；矿床常赋存于这些断裂之中；隐爆角砾岩筒及伴生的断裂构造，常是金铀多金属矿床形成的有利部位；金刚石矿床常形成于金伯利岩筒之中。

（4）划分和追索区域性的控矿深断裂带为成矿远景区域和研究成矿规律提供基础资料

物探主要应用于划分出各级控岩控矿的构造，尤其是成矿物质来源于深部的导矿构造的圈定更为重要。根据浙江省资料统计，全省25%的火山岩矿床都分布于重磁力梯度带上，这些梯度带则是深断裂的反映；就矿床的具体位置而言，多数矿床在－5～15毫伽等值线范围内。

2.物探方法对陆相火山岩矿床的找矿作用

（1）古陆边缘活动带火山岩发育区的探测

大陆边缘受相邻板块俯冲作用，在消亡带上方因摩擦而形成热液体对硅铝层发生重熔，产生酸性岩浆，在强烈挤压环境中上升到地壳浅部形成花岗岩基、过渡岩浆房和酸性火山盆地。从围岩获得丰富的亲石元素W、Sn、NbTa、U、Th等，在缓慢结晶时减压环境下(断裂或火山通道）于适当部位，元素富集成矿。因此，对有色金属和稀有放射性矿床形成的深部地质因素的探测，是物探的重要课题。它包括：①古陆及其活动边缘的圈定：②陆缘深断裂的追索；③浅成岩浆房及花岗岩基的探测；④不同规模、类型火山带和火山构造的圈定等，常利用航磁、重力和地震等方法能较满意的解决。我国东南沿海地区物探方法工作实践结果综合于表2

表2　东南沿海古陆边缘火山活动带的异常类型表

异常类型	地球物理场特征	可能反映的地质构造
Ⅰ 重磁平缓的等轴或面型	重磁等值线呈平缓舒展分布，磁场值-100～200r，重力呈相对重力低、地震呈高速波连续反射面	古陆或变质基底出露区 浅盖层前中生代基岩分布区
Ⅱ 平缓磁场条带状重力高型	磁场为零值左右的弱异常，重力等值线延展较大或呈封闭带状，其中可相对重力高异常，地震为高速波层局部隆起地段	古陆局部隆起或残留地块 中生代地层覆盖下的古潜山
Ⅲ 强磁条带状重力纸型	航磁为正负相间交变异常，呈带状分布，重力呈大幅度的负异常带，地震为强弱不等多层波速连续或间断反射面	火山带 大型火山盆地
Ⅳ 强磁环形重力低型	航磁为强杂乱异常及小圆形异常群分布在环形重力纸异常背景上，地震没有明显的反射波	火山洼地、火山穹隆 中小型火山盆地
Ⅴ 圆—椭圆重力低型	磁场为光滑等轴状规则正异常分布在圆—椭圆形重力低上，有明显的极小值，重磁延拓及导数曲线获更明显的异常形态	花岗岩基 浅成岩浆房
Ⅵ 重磁密集梯度带型	重磁力异常等值线呈平行或波状密集分布水平梯度大，方向性明显，地震反射面间断	深断裂 各类断层

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

由表2可知，利用物探对古陆边缘所发育的火山构造的探测，主要是了解成矿的深部地质因素及控制矿田的地质构造。

（2）控制矿田的火山构造研究

①火山洼地

火山洼地是火山活动后期，在火山活动中心产生陷落，形成圆—椭圆形负向构造。在火山洼地的火山口、边缘环状断裂带上，常常形成矿化蚀变和形成矿床。因此，圈定火山洼地是研究矿田和矿床的基础。物探方法在研究火山洼地可以解决如下问题：

1）了解火山洼地形态及其范围；

2）圈定火山中心及火山机构；

3）分辨被掩埋的火山口；

4）确定环状断裂带；

5）在成矿有利部位找矿等。

一个火山洼地大致经历喷发—塌陷—再生三个阶段。在塌陷阶段形成的环状负地形和断裂带，再生阶段常以酸性熔浆再生回升为主要活动形式，具有低密度、弱磁及高丰度的多元素的酸性岩浆能引起局部的重、磁力低和高放射性及化探环状异常。因此，对于一个独立的火山洼地，环形重、磁、放射三种异常的有机组合，是火山洼地的独有特征，根据异常形态可分为三种：

1）弧岛型　在局部重力高（或隆起带）和负磁异常区出现圆形或环形强磁、放射性异常。反映古陆边缘或古陆残块附近控制火山活动形成的火山洼地。

2）串珠型　在重力梯度带附近以小规模正负伴生的圆—椭圆形磁异常呈线状分布，反映洼地主要受断裂上局部火山活动的控制。

3）交叉型　在重力梯度带或凹陷区两组线性航磁异常交叉部位出现圆形强磁异常，它反映两组断裂交结点控制的火山洼地。

②火山盆地

由喷发中心经过晚期塌陷的火山洼地或盆地、新老构造交叉复合的迭加式断陷盆地和断陷喷发带晚期自身断陷的火山地堑盆地等发展而成，其成矿作用有：一是同生成矿作用；另一是后生成矿作用，即成岩后矿化迭加成矿。

应用物探方法解决火山—沉积型矿床的地质问题有：

1）圈定火山盆地的范围，了解盆地基底形态；

2）了解盆地基底性质、埋深和盖层厚度；

3）研究盆地内部火山机构和断裂的分布；

4）圈定盆地内部或边缘隐伏次火山—火成岩体；

5）普查和圈定盆地内矿化地段（或层位）等。

对于盆地的圈定，由于火山盆地常是以低阻、中等磁性和相对重力高异常为特征，其形状与盆地边界相对应。盆地内部构造可以根据地磁异常的结构、电测深曲线类型和重力高形态特征来确定基底结构的性质、形态和沉积岩相变化；根据电测深等深曲线图及其各层电阻率值来大致确定盆地中沉积岩层的岩性、厚度和埋深。

③火山穹窿

火山穹窿可以分为小型单一式和大型复合式。前者控制矿床的形成，后者控制矿田及矿带。大型复合式穹窿在航磁图上是以正磁场背景的杂乱异常为特征。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

物探方法能解决的问题有：

1）圈定火山穹窿范围；

2）了解由于各类脉岩充填的环状、放射状断裂分布；

3）探测深部岩体，了解其形态及埋深；

4）圈定出露或隐伏的火山通道及矿化地段。例如浙江天目山火山穹窿的重磁异常经过数据处理后，较理想的区分其深部和浅部因素，圈出了穹窿的范围、形态特征及隐伏岩体的轮廓，并有效地圈定了区内的火山通道。

对单一式的火山穹窿，物探较难分辨。

（3）对控矿断裂的划分

火山盆地与区域构造复合部位常常是岩体和次火山岩体侵入的有利部位，也是矿液的活动通道，在这些部位，矿田矿床与矿化常比较集中。根据断裂的性质和规模，大体分为两种断裂：

①区域深断裂（表3）

表3　　区域深断裂的地质—地球物理标志

类型	切割深度	地质标志	地球物理标志	与成矿关系
盖层断裂	切穿火山岩、沉积岩到达结晶基底顶面	火山岩、沉积岩层位错动，酸性岩体呈带状分布	重磁、电阻率等值线密集带，环状、串珠状异常轴线，地震波变异，反射面不连续遥感图象对地表断裂有反映	常是控矿、容矿构造，控制矿床和矿体，也控制矿田
基底断裂	切穿整个花岗质层（硅铝层）到达玄武质层顶面（康腊面）	中新生代盆地，湖泊，泉点定向分布，大型火山带，沿断裂带基性岩浆分布	区域重磁场分区线，大型重力磁力梯度带，重磁延拓等值线突变带，地震反射面不连续，天然震中线、大型遥感线状影像	常是导矿，控矿构造，主要控制矿带，矿田

②与火山构造配套的断裂

其成因是与火山活动本身因素有关，如火山洼地周围的环状、放射状断裂、火山穹窿顶部交错断裂及火山盆地边缘的环形、弧形断裂、隐爆岩筒周围的震裂带等，这些断裂系统常是容矿构造。矿化、蚀变、脉岩常沿断裂裂隙分布，圈定断裂乃至矿化蚀变地段常用大比例尺的物化探方法，如各类电法、磁法、放射性γ测量、α卡法、气汞测量、γ能谱测量以及各类测井方法等。

（4）对火山爆发角砾岩筒和火山岩体的圈定

爆发角砾岩筒是多金属矿化有利的控矿容矿构造，它常作为找矿标志，矿化作用是与岩筒同期或后期形成；早期矿化是含矿热液在气化爆炸时向四周角砾岩散播而成；晚期矿化则在岩浆期后含矿热液沿着爆发碎裂构造在破碎程度较高渗透性好的爆发角砾中或在火山通道附近环状、放射状断裂裂隙中成矿，矿化常位于浅部，自中心向外，有赤铁矿化、黄铁矿化及其他矿化蚀变圈，并常有金属矿化共生。爆发末期，常有富矿熔浆沿火山通道侵入到顶部或溢出、形成岩株、岩钟、岩舌、岩床或岩流，矿化主要是后期火山再复活阶段，含矿热液为碱交代或酸性淋滤作用，在富矿的次火山岩体内或岩流的顶底板处成矿。

应用物探方法可能解决如下问题：1）圈定爆发角砾岩筒，次火山岩体及其溢出的岩流；

2）圈定火山通道周围的蚀变圈；

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3）在成矿有利部位直接发现矿体等。

岩筒的航磁异常特征是强大的杂乱异常形式。若岩筒周围受矿化蚀变作用较强时，电法圈定蚀变圈非常有效，因蚀变圈中常有黄铁矿化，赤铁矿化及某些金属矿化，常引起高极化率和低阻的异常形式；因蚀变岩石常有退磁作用，因而出现中心低磁圈。如浙江金华柏岩地区的结果。

对于次火山岩体的圈定，因充填的火山颈相岩石的成分、规模、产状不同，航地磁异常常分为四种形态：①同心环状负异常；②等轴状正负伴生异常；③负异常呈半环状环绕正异常“核”；④等轴状正异常，由于它们具有一定强度，外形规整，比较容易识别，浙江全省用航磁圈定了90个中心喷发型火山通道构造，其大部分都有次火山岩体充填。因此，以火山活动中心为背景，以酸性次火山岩体为标志，以磁法、化探、放射性为主要手段；以激电、重力、能谱测量相配合进行找矿，常会收到较好的效果。

（5）利用地球物理区域场研究区域地质背景及圈定成矿远景区

火山岩地区成矿区带的圈定主要是根据同一地质构造单元内火山活动的发展、演化和迁移规律在不同的控矿有利部位形成的系列矿床。地球物理场既可以反映控制火山活动的地质背景，也可反映火山活动的特征，利用区域地球物理场在成矿远景区划的研究有四点作用：（1）研究控制成矿远景区的深部地质构造；（2）圈定各级成矿远景区带的范围及边界；（3）探测大型隐伏含矿岩体乃至深部古岩浆房的分布；（4）划分深断裂带及火山活动带的分布、性质和特征等，例如浙江多年找铀矿实践认为，含铀的火山机构或次火山岩体当它蕴藏有工业矿床时，一般都具有较高的放射性区域的偏高场，世界大型铀矿床的围围也都有这种偏高场，根据矿床、矿点与放射性场的对立关系（表4）。

表4　　浙江铀矿与放射性场关系统计

场级 / 项目	低　场		偏高场		高　场		特高场	
	0～9 r	%	9～15 r	%	15～21 r	%	21r	%
局部异常数	91	12.6	376	50.4	202	27.1	77	10.3
矿床矿点数	0	0	9	45.0	10	50	1	5
矿化点数	3	4.3	54	78.2	11	15.9	1	1.4

由上表可知，几乎所有的矿床、矿点和矿化点均集中偏高场至特高场内，它显示了这些场区有较丰富的放射性元素，也是矿源层分布和有利成矿部位，也说明区域地球物理场在找矿和预测的指示作用。另一种区域场作用是指示成矿的区域背景的，如浙东铅锌黄铁矿明矾石成矿带，其以区域负磁场迭加高频的正负局部异常为特征，区域负场强度为－200 r，边界呈弧形，这个边界形态勾出了整个矿带所坐落的火山盆地的范围，含矿火山岩具有多旋回结构，岩性复杂，岩性富硅贫碱、硅化蚀变强烈，在盆地边缘喷发裂隙部位形成的火山—次火山热液充填交代矿床（如五部大型铅锌矿）。物探对控矿断裂有良好的反映；在火山盆地内的特大型矾山明矾石黄铁矿床，成矿受区域断裂和基底相对隆起的火山穹窿顶部、火山通道及盆地边缘断裂控制，属火山气成热液矿床和火山期后热液矿床；重磁圈定火山盆地，异常形态是环形—弧形、圆形—椭圆形及带状强磁异常所组合而成，牛头山火山穹窿呈强度200r椭圆形异常反映；莲花山火山口是圆形负异常反映；含明矾石矿矿田呈弧形在围绕牛头山穹窿在0—±100 r等值线内分布，这个面积为100平方公里的Ⅴ级成矿远景区在区域磁场上得到了明显的反映。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

中生代陆相火山岩的成因、物质成分和地球物理性质与其他地层岩石有着较大的差别，决定了它所形成的异常形态特征的独特性。其成矿作用在时间上，矿化是火山活动的一个特定阶段；在空间上却受到火山构造的控制与制约，因此，利用物探寻找火山岩矿床必须全面研究火山作用的全过程，根据各类型火山岩矿床的成矿条件和地球物理前提，以经济有效为准则，有目的地选择方法，以获得各种综合信息，从直接和间接方面研究信息与矿质的关系，才能提高找矿的效果和矿床评价的水平。

THE GEOPHYSICAL CHARACTERISTICS OF TERRESTRIAL VOLCANIC ROCK DEPOSITS AND ITS PROSPECT EFFECT

Liong Noijie

(Zhejiang Bureau of Geology and Mineral Resources)

Abstract

The geophysical characteristics of terrestrial volcanic rock and their application on the prospect and basic geological problem of the region in which terrestrial volcanic rock developed are summarized in this paper.

高 温 显 微 镜

美国制造出一种高温显微镜，用它直接观察非金属固体的热效应。

样品安置在一个专门的热电偶上，热电偶可加热并记录到1800℃的温度。由于样品和加热器的热质量很少，所以反映时间几乎是瞬时的。例如，断开电流后，样品将在0.5秒内从1700℃冷却到700℃。

测试1800℃的样品时，耗热3～4瓦。因此，镜台装配紧密，保护镜片无需外冷却。热镜台室密的，气压可按需要调节。

光学系统水平放置，内部装有同步的起偏振器和检偏振器。该仪器可用于熔点测定、脱硫研究、X射线衍射所用晶体的生长，以及高温相平衡等方面。

柳荔供稿

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net