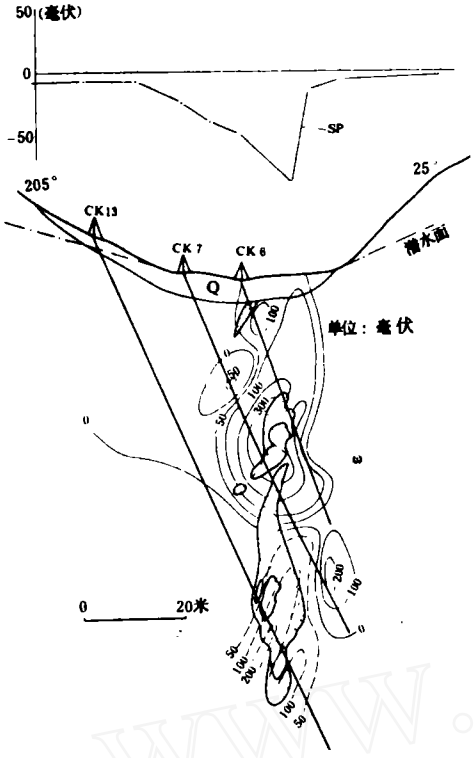


图 5　金盆镍矿某矿体上的自电剖面分布

（据温少先）

Q—浮土；ω—蚀变辉岩；圆点示矿化；方格示硫化镍矿

孔南12.5米打了7号孔，终于见矿。这也说明自电测井和地质勘探配合，对勘探矿体有一定的指导作用。

在做自电空间分布图时要注意区分井中二类异常。一是钻孔穿过矿体或矿化体引起的自电异常；二是矿体在矿以外空间引起的场。这种场比较缓，正是我们需要研究的场。

自然电场空间分布的研究工作虽刚刚开始，但总比只用地表资料解释异常要好得多。这项研究，无疑会对硫化矿形成自电的机制及矿体的推断提供更多的资料。非矿的自然电场也应做这方面的工作。

参　考　文　献

[1] 仇勇海，地质与勘探，1981，№8

[2] 谢苗诺夫，自然电场法勘探，1958，地质出版社

[3] 佐藤本秋等，Geophysics，1960，Vol·25，№1

[4] 纳雅克N.P.，Geophysics，1981，Vol.18，№4

航磁异常与陆相火山机构

周俊法　吴江涛

浙江中新生代陆相火山岩出露面积约为全省面积的70%，航磁异常千余处，已查证的航磁异常的见矿率＜1%，且无重大突破。然而，与火山成矿作用有关的有色金属、贵金属、铀及非金属等矿床不断发现，日益引起人们的广泛重视。在大面积分布的厚达2500～7940米的强磁性陆相火山岩区，如何发挥航磁在矿产勘查中的作用有待解决。我们据多年积累的地质、物探资料的对比研究，认识到以流纹质—英安质为主的，平均爆发指数为50.6～91.6%的中生代火山岩和新生代玄武岩区，出现的正负交织、梯度变化大的“杂乱”磁场，与火山地质构造、火山机构的火山岩岩相有着内在联系。火山成矿作用形成的矿床与火山机构有成因上、空间上的联系。因此，用磁测资料进行火山地质构造填图，间接寻找与之有关的矿产，挖掘现有航磁资料中潜藏着的找矿信息，是很有意义的。

火山机构航磁异常的特点

本文所用火山机构一词，确切地讲是经过多种地质作用破坏的古火山机构残余体，它包括火山侵入相的“岩体”、与火山活动有关的次火山岩、充填于火山通道内的各类火山岩、喷发—爆发相的各种火山碎屑岩，以及喷发—沉积相地层这一总体。

从航磁图上看，火山机构常常形成强度大的

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

或正或负的磁异常。我省这类异常的 ΔT_{max} 达4250γ，ΔT_{min} 达 -4200γ，在航磁平剖面图上出现正负相间的异常群（带）。异常的正负值关系多样，负值常在正值西侧、东侧或南侧，甚至出现单一的强负异常。这是与斜磁化条件下正负异常所在位置有一定的空间关系。

从异常形态上看，裂隙喷发带呈条带状，中心式火山机构以等轴状、似等轴状为主，环状火山群则呈现项链式异常群。规模较大的具有完整火山岩岩相系列的中心式火山机构，往往从内部到外部呈现空心环带状航磁异常群，并伴随有卫星式或辐射状异常。

火山机构型航磁异常的分布总是沿着某一基底断裂或基底断裂组作有序排列；中心式火山机构型航磁异常几乎无例外地分布在两组基底断裂的交接部位，有时沿着优势断裂出现，呈糖葫芦状或串珠状，而单个异常的轴向可沿另一组断裂伸展。

火山机构航磁异常与卫片资料非常一致。中心式火山机构型航磁异常与卫片上圆形、环带状和放射状影象吻合。在1：20万地质图上所圈定的火山机构，大部分与航磁资料圈定的结果一致，但航磁确定的范围往往大于地质图上圈定的范围。可是，尚有相当多的航磁反映的火山机构，还未能从地质图上识别出来，而航磁结果却能提供这方面的有益信息。

火山机构航磁异常的类型及实例

浙江火山岩区主要的火山机构有单一的火山锥、破火山口、火山洼地、火山穹窿及裂隙喷发带，它们的航磁异常各具特点。航磁异常按其几何形态、强度、配套异常及反映的火山机构类型，初步归纳为以下五类：

一类：正负异常面积近于相等，呈单一等轴状或似等轴状，曲线呈单一波型，一般正值大于负值，不伴随卫星状或辐射状异常。这类异常往往由充填于单一火山通道内的超基性、基性、中性岩引起，火山通道一般位于异常的正负极值之间。

图1是中阜航磁异常，分布于喜山期似金伯利岩岩筒上。岩筒贯入于白垩系红层，产状内倾，呈漏斗状，出露面积0.2平方公里。

航磁在稳定的低值负磁场背景上出现单一异常，ΔT_{max} = 740γ，西侧伴300γ负值。地磁 ΔZ 异常呈等轴状，负值在西南侧，ΔZ_{max} = 2300γ、ΔZ_{min} = -1100γ。超基性爆发角砾岩具强磁性，κ = 1000～8000*。红砂岩无磁性。磁异常为似金伯利岩引起，岩筒位于磁异常正负极值之间。

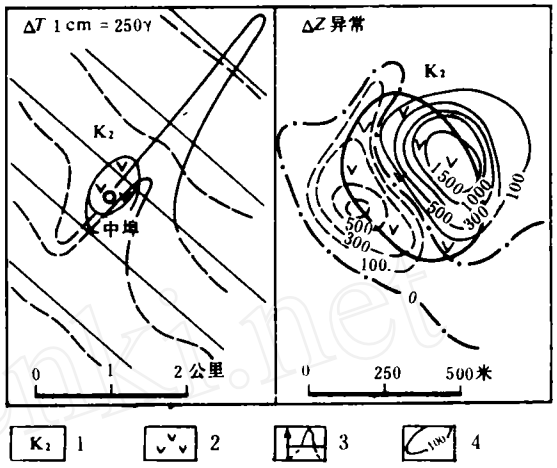


图1　中阜似金伯利岩岩筒磁异常图

1—上白垩统红层；2—似金伯利岩岩筒；3—正负ΔT异常；4—正负ΔZ异常

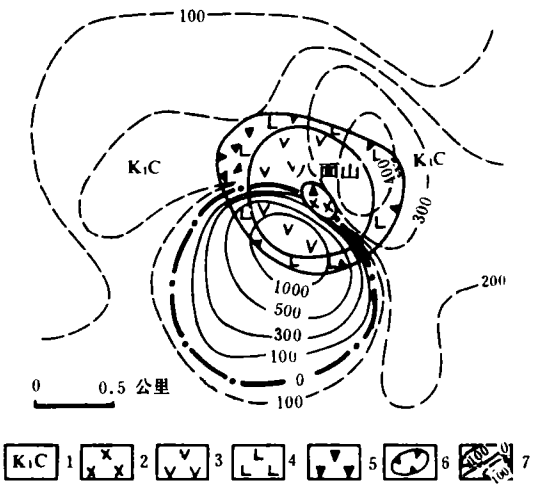


图2　八面山火山通道磁异常图

1—下白垩统朝川组；2—微晶辉长辉绿岩；3—微晶辉绿岩；4—微晶玄武岩；5—基性角砾岩；6—火山通道；7—ΔT正负异常（单位γ，下同）

*本文所列磁参数均为磁秤法测定结果，单位为 $n \times 10^{-6}$ CGSM

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

图 2 是八面山航磁异常，系充填于晚白垩世火山通道内的基性辉长辉绿岩岩管引起。岩管呈周边陡峻的圆锥形山丘矗立于山间盆地，出露面积约 1 平方公里。岩管分三个相带：

外带：基质具徨绿结构的橄榄玄武玢岩，西半部具角砾状构造，宽30～150 米，全铁平均含量为9.17%，κ平均值4440，J_r 平均值7850；

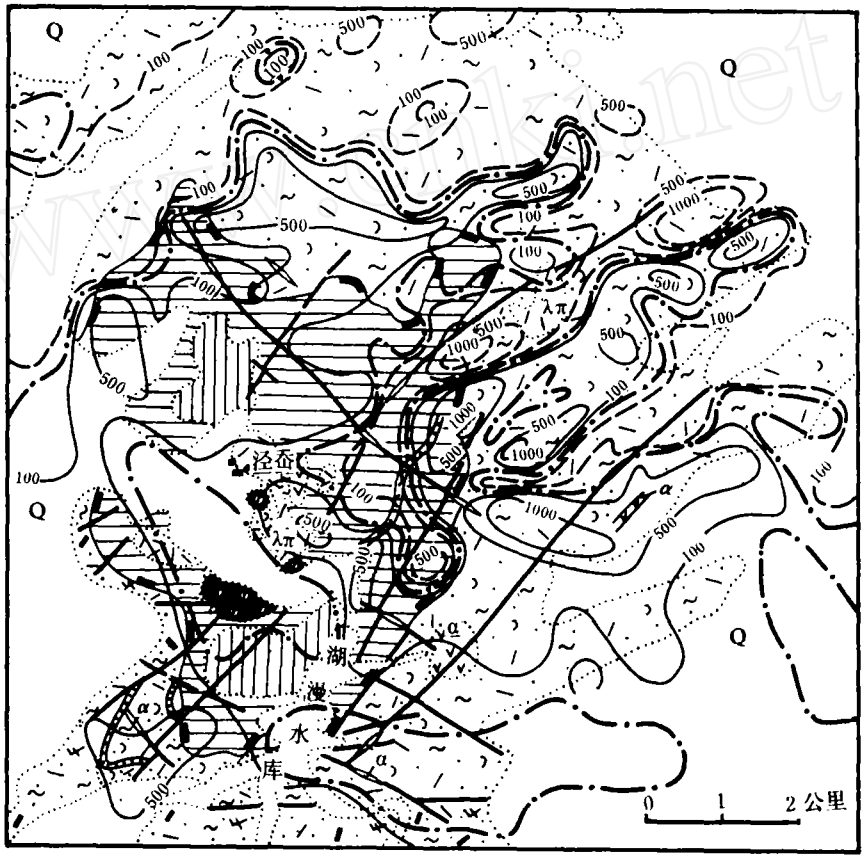
中带：具间隐结构、辉长辉绿结构的橄榄辉绿岩，宽200～280米，全铁平均含量为9.04%，κ平均值550，J_r 平均值840；

内带：具辉长辉绿结构的橄榄辉长辉绿岩，直径140米，全铁含量为6.93%，κ平均值1150，J_r 平均值6450。

航磁异常呈规则等轴状，曲线呈单一波型，ΔT_{max} = 1420 γ，负值在正值的北东侧，ΔT_{min} = − 420 γ。岩管位于航磁异常正负极值部位。

二类：航磁 ΔT 曲线呈多峰状，有多个强磁中心，正负极值 ≥1000 γ，异常总体呈等轴状，而强异常的轴向呈辐射状和环状，外围有卫星式异常分布。这类异常反映了以中酸性—酸性火山灰流喷发为主的多火口型火山机构。强磁异常主要分布在火山通道边缘爆发亚相强磁性熔结凝灰岩堆积体上，通道内岩石的磁性相对较弱，其侵出相酸性熔岩的磁性最弱，卫星式异常可能是侧火山、寄生火山的反映。

图 3 是泾岙地区的航磁异常，分布在晚侏罗



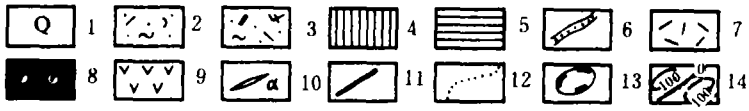


图 3　泾岙火山通道航磁异常图

1 —第四系；2 —流纹质玻屑熔结凝灰岩；3 —英安质粗晶屑熔结凝灰岩；4 —流纹质角砾玻屑凝灰岩；5 —集块角砾凝灰岩、含集块角砾岩；6 —凝灰质砂岩；7 —流纹岩、流纹斑岩；8 —珍珠岩；9 —安山（粉）岩，10— 中性—酸性脉岩；11—断裂；12— 地质界线；13— 火山通道范围；14— ΔT 正负等值线

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

世火山机构上，火山通道的范围约25平方公里，其地质情况如下：

火山通道外侧为英安质粗晶屑熔结凝灰岩和流纹质玻屑熔结凝灰岩，产状平缓；内侧底部为集块岩，中间为流纹质含集块角砾岩和集块角砾凝灰岩，顶部为含角砾玻屑熔结凝灰岩。通道内次火山岩发育，珍珠岩、流纹岩、安山岩等充填于火山管道内，呈椭圆形产出，通道外产出的可能是侧火山口内的充填物。辐射状断裂和脉岩发育。在航片和卫片上，构造图象均呈圆环状。

航磁异常呈似等轴状，由环带状、辐射状和卫星式异常群组成，整个异常的北半部罩盖了略偏东的半环状负异常。局部异常的极值＞1000～

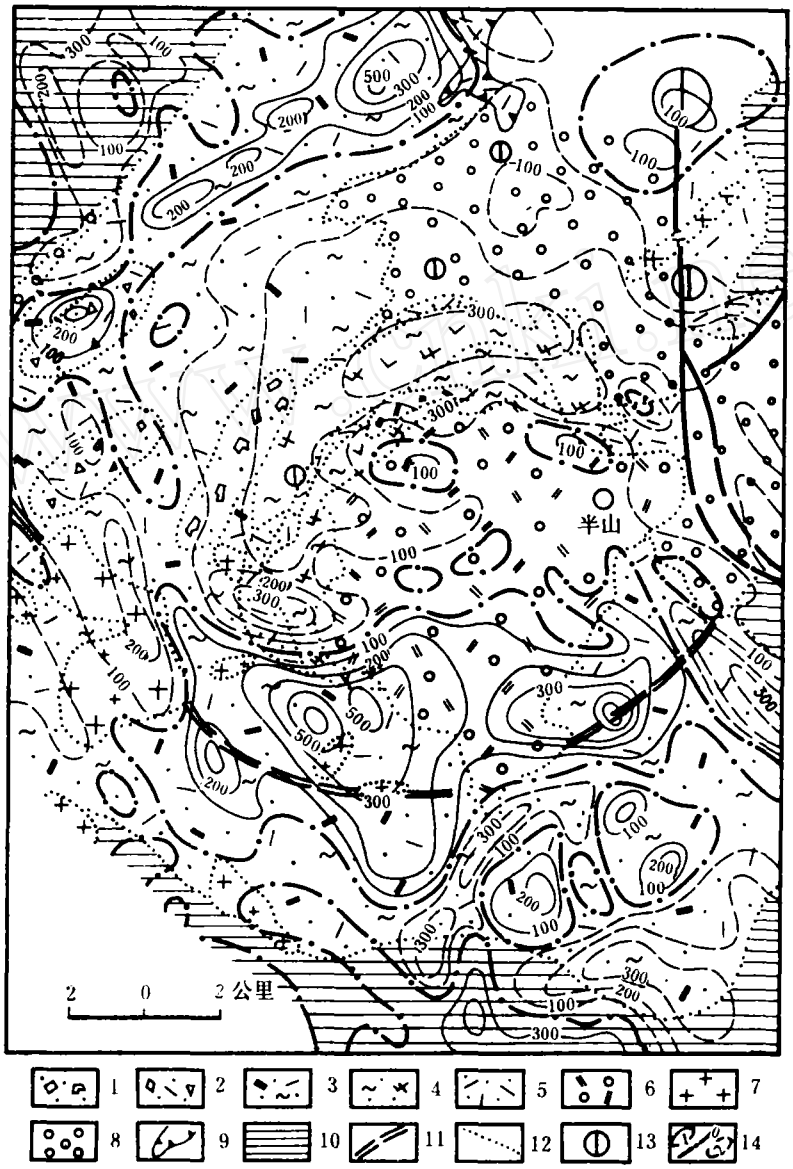


图 4　黄岩半山航磁异常 ΔT 平面图

1—集块岩；2—火山角砾岩；3—流纹质熔结凝灰岩；4—英安质熔结凝灰岩；5—流纹（斑）岩、霏细斑岩；6—石英二长岩；7—花岗岩；8—下白垩统馆头组；9—火山通道；10—基底岩石；11—推测火山环状断裂带；12—地质界线；13—铅锌矿床（点）；14—正负等值线

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

1500 γ，异常总面积约100平方公里。火山通道充填物为磁性火山集块岩，分布在通道外侧的喷发—爆发亚相的熔结凝灰岩磁性更强，故强磁异常分布于火山通道外侧边缘。据航测队指出：该异常群的特征与山西大同火山群异常特征相似。

三类：在 ΔT 平剖面图上反映了一群梯度变化大、正负异常交替的杂乱异常，平面图上呈环带状或项链式的异常群，单个异常轴向呈弧形展布。这些环状异常群的中心地带常是低值稳定正磁场或负磁场，环带有单一的，也有复合的，面积小者几十平方公里，大者几百平方公里。这类异常反映了由一系列火山活动形成的火山洼地或火山穹窿。具有较完全的火山岩岩相，即：火山侵入相、次火山岩相、火山通道相、喷出相和喷发沉积相。异常的强弱和分布与岩相带有密切关系，侵入相与侵出相岩石位于环状异常带内部低缓磁场区，强异常分布在火山口附近的角砾熔结凝灰岩上。

图 4 是半山白垩系火山岩组成的火山穹窿航磁异常，火山穹窿核部是等轴状石英二长斑岩体，



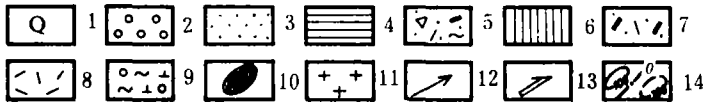


图 5　芙蓉山火山洼地航磁图

1—第四系；2—下白平统红层；3—凝灰质砂砾岩；4—多层凝灰岩；5—含砾熔结凝灰岩；6—集块岩、含集块熔结凝灰岩；7—粗晶屑凝灰岩；8—流纹岩；9—混合石英闪长岩；10—辉石角闪岩；11—花岗斑岩；12—火山机构下投影；13—推断扭动方向；14—正负等值线

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

接触面平缓外倾。西侧和北侧围绕岩体分布的是侵入相霏细斑岩和喷溢相火山灰凝灰岩。其外部火山堆积物的下部是流纹质粗晶屑熔结凝灰岩，含角砾粗晶屑熔结凝灰岩，与下伏地层呈喷发不整合接触；其内部有可能属火山管道相的角砾集块岩，呈半环状弧形分布；上部是英安—流纹质熔结凝灰岩和霏细斑岩，两者呈渐变过渡。并超覆于角砾熔结凝灰岩之上。火山机构东侧南北向断裂中产有大型火山热液铅锌矿床。

环状航磁异常围绕着石英二长斑岩分布，强磁异常分布在爆发亚相的粗晶屑熔结凝灰岩之上，粗晶屑熔结凝灰岩的κ值一般为570～880，J_r一般3830～8810，极值达202360，Q值大于20，异常是强烈爆发堆积的熔结凝灰岩所引起。南侧异常比北侧异常强，可能反映南侧爆发强度更大。

图5是芙蓉山旋卷构造砥柱部位的晚侏罗世火山洼地航磁异常，火山洼地基底是前泥盆系混合岩化变质岩，旋卷构造砥柱的旋迴面断裂控制了晚侏罗世火山活动，在砥柱内堆积了火山碎屑岩，形成了火山洼地。异常分布在砥柱西侧火山通道相流纹岩和爆发—喷溢亚相的角砾集块熔结凝灰岩上，异常轴向作规律偏移。岩石磁性强：κ= 400～700，J_r = 1630～22170，Q = 12～35.2。定向标本测定，磁偏角由北向南，由北东60度左右渐变为近南北。由此可见，这一旋卷构造在火山活动之后，再次发生扭动，外旋层作顺时针扭动，导致同一世代火山岩磁异常的轴向和磁偏角产生上述规律的变化。区内火山洼地边缘断裂的次级断裂构造内产有铀矿。

四类：定向排列的串珠状异常组成的强磁异常带，串珠状异常的ΔT绝对值可达几千伽马，异常带宽5～10公里，单个异常长几十公里，整个带总长度可达百公里以上。这类异常反映了受基底断裂控制有一定喷发中心的裂隙喷发带。航磁强异常分布在喷发中心或控制裂隙喷发的断裂附近，是强磁性的火山灰流凝灰岩堆积体引起的。

图6是汤溪—安地—唐仙北东东向串珠状异常组成的雁行式条带状强磁异常图。位于金巨断陷盆地南缘。出露岩石为上侏罗统磨石山组第四段爆发亚相和喷溢—爆发亚相的熔结凝灰岩，局部地段有安山集块岩。安山质火山角砾岩堆积在串珠状分布的火山通道内，其外侧是角砾凝灰熔岩和含角砾熔结凝灰岩。在安地、唐仙等地有次火山岩相的流纹斑岩、珍珠岩、安山岩等侵入于火山通道内。角砾熔结凝灰岩有强磁性，κ值常为2700～13300，J_r常见值26000～56000。异常反映了基底断裂带控制的晚侏罗世中酸性—酸性的裂隙喷发带，并且有串珠状的多孔道的喷发中心。

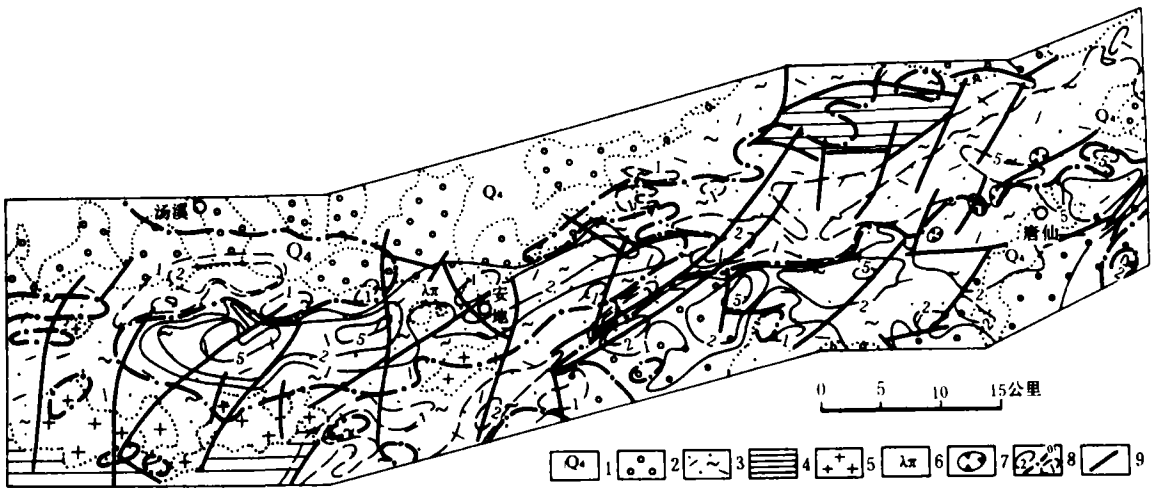


图6　金华、汤溪—永康、唐仙一带航磁异常图

1—第四系；2—白垩系；3—上侏罗统熔结凝灰岩；4—变质岩基底；5—花岗岩类；6—流纹斑岩；7—火山通道；8—ΔT正负等值线（单位100 γ）；9—断层

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

五类：个别单一负的强航磁异常也反映了破火山机构，是火山机构岩石反磁化引起。火山机构的航磁异常有的位于一平静的负磁场区，如缙云马鞍山火山机构，是火山碎屑岩沸石化以后岩石磁性结构发生改变所致。

由上述资料可见，利用航磁资料圈定陆相中酸性—酸性火山岩区的火山构造不仅完全可能，而且是扩大航磁资料应用范围，研究火山地质构造的一个重要方面。

分析浙江航磁图，对比已知火山机构航磁异常特点，圈定了主要的97个中心式火山机构和12条裂隙喷发带，航磁所反映的浙江中新生代陆相火山机构具有下述分布规律：

1．火山活动主要受北东向（40～70°）和北西向（310～330°）两组基底断裂带控制，其次是东西向和北北东向基底断裂。

2．中心式火山机构如火山穹窿、火山洼地等，主要分布在上述几组基底断裂带的交汇部位，并且呈等距分布。

3．火山活动由北西向南东，时代变新，活动增强，活动形式也主要由裂隙式变为中心式强烈喷发或爆发。条带状强磁异常演变为以等轴状强异常为主。

4．浙东火山岩区嵌布着继承式白垩系火山岩盆地，可能与晚侏罗世火山作用后岩浆源物质的减少引起的沉陷带一致。

形成火山机构特殊航磁异常原因的初步探讨

1．火山机构不同岩相带岩石的磁参数（k、J_r、Q值）统计归纳于下表：

岩相		岩性	$\bar{k}$（10^{-6}CGSM）		$\bar{J}_r$（10^{-6}CGSM）		$\bar{Q}$ 值		标采集本地
			区间值	几何平均	区间值	几何平均	区间值	几何平均	
喷发沉积相		层凝灰岩、凝灰岩	<100～7000	954	100～8430	496	0.15～18.2	3.25	45
喷发相	喷发亚相	层凝灰岩、凝灰岩	160～14600	915	100～2300	1839	0.28～38.7	5.99	196
	爆发亚相	熔结凝灰岩	140～44700	1127	470～57800	4687	1.16～43.6	13.1	35
	喷发爆发亚相	集块角砾岩、角砾熔结凝灰岩	1150～7000	2730	830～16470	2290	0.66～11.5	2.51	15
次火山岩相		安山（玢）岩	<100～2000	589	<100～30000	1880	0.63～49.95	9.94	9
火山侵出相		流纹斑岩、霏细斑岩、石英斑岩	0～340	180	0～2850	124	0.3～9.34	1.90	31

由表可知，火山岩的磁性强弱及Q值大小与火山机构不同岩相带的岩石有密切的内在联系，爆发亚相和喷发—爆发亚相的火山碎屑岩磁性最强，而且以剩磁为主。因此，火山机构磁异常的模式除了与火山机构的类型有关外，主要与岩相带和剥蚀程度有关。

2.火山岩的磁性强弱及其变化主要取决于J_r。κ值与其他岩石一样，与铁磁性矿物含量呈正相关。剩磁J_r却不然，在铁磁性矿物含量近于相等的情况下可差1～3个级次。火成岩的天然剩磁是弱场冷却过程中获得的温差顽磁性，其大小除与铁磁性矿物含量有关外，还与颗粒大小及排列有关，这显然与成岩时的物理化学环境有关。

分布在火山机构不同空间部位的火山岩成岩时的理化环境有很大不同，理化环境变化最大的是喷发—爆发亚相及其过渡相，它们在高温（>700～1000℃）条件下由开放系统逐渐演变为封闭系统冷却成岩，物相由固相、半熔融状态、熔融状态固结成岩，铁磁性矿物主要是磁铁矿、赤铁矿。镜下观察除少数粒径达0.1～0.01毫米外，绝大部分呈显微尘埃状，并具定向排列，这种组构对形成强剩磁创造了必要的条件。另一方面，火山灰流喷出时可能产生的磁流体力学效应，将自发地产生比较大的磁化磁场，促使剩磁增大。因而，中酸性、酸性岩浆喷发的火山机构强磁异常主要分布在喷发—爆发亚相的熔结凝灰岩上。

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

J_r和Q值是象征成岩环境的参数，系统测定这些参数可以帮助圈定和恢复古火山机构。

3．火山岩的极性返转和反磁化现象相当普遍，同一世代的火山岩，有的为正常磁化，有的则为反磁化，出现了或正或负或正负值配位错乱的现象。对此，许多研究者提出了各种不同的解释。同一世代分布在不同空间部位的火山机构型航磁异常特征的不一致性，可能与火山地质作用的特殊地球物理现象有关。

火山构造型航磁异常与矿产的关系

在陆相火山岩区发现了一批重要的有色金属、非金属、铀和金银等矿床、矿点。它们与火山作用有成因联系。从航磁资料圈定的火山机构来看，已知矿床、矿点的分布具有下列几种情况：

1.与破火山口内部火山侵入相超浅成—浅成的中酸性、酸性岩有关的金属矿床，主要分布在环带状强磁异常群中的弱缓磁异常上，或分割强磁异常的低值部位，如石平川钼矿、柏岩角砾岩筒型富银多金属矿点。

2.受火山构造环状、辐射状断裂控制的矿床、矿点，则以环带状强磁异常群的内外侧紧邻部位者居多，如图5芙蓉山地区的铀矿、瑞安仙岩黄铁矿。仙岩黄铁矿分布在双环状航磁异常群的中间地带。

3.分布在凝灰岩层中与火山气液交代作用有关的非金属矿床，如明矾石、沸石等，常位于强磁异常的外侧，如平阳明矾石矿床，偶见与强磁异常同位，如横溪凤凰山明矾石矿床即是检查验证浙C290航磁异常发现的。沸石、膨润土矿床则分布在低缓负磁场区。

4.与火山通道有关产于中酸性火山岩附近的矿床、矿点则位于孤立异常的正负极值部位。

5.火山沉积，热液改造叠生的多金属矿床层位不稳定，但矿化强烈部位多处于环状异常群内侧或孤立异常上。

以上只是初步的对比结果，有些情况可能还未被认识。

本文是在编制浙江省1：20万、1：50万航磁图的基础上，对陆相火山岩区航磁资料进行综合整理的初步结果，所引用的地质资料主要来源于1：20万区调成果。图件由燕美华同志协助清绘，在此一并致谢。

参考文献

[1] 永田武，岩石磁学，1959，地质出版社
[2] 熊光楚，金属矿区地球物理探矿的若干问题，1959，地质出版社
[3] A.A.洛加契夫，磁法勘探教程，1965，中国工业出版社
[4] 义井胤景，磁工学，1977，国防工业出版社
[5] 罗斯．史密斯，火山灰流凝灰岩—其成因、地质关系和鉴定．1977，华东地质科学研究所
[6] 地面磁测资料解释推断手册，1979，地质总局书刊编辑室
[7] 科普切弗—德沃尔尼科夫等，火山岩及其研究法，1978，地质出版社
[8] 周俊法，浙江物化探，1980，№1

成矿区（带）化探普查工作中的几个问题

冶金部北京冶金地质研究所　欧阳宗圻

近几年来，不少地区开展了成矿区（带）化探普查工作，并已取得了大量的原始资料。对这些数据如何成图，如何确定背景值，如何从中取得各种直接和间接的找矿信息以及对大量异常尽快准确地作出评价，筛选出最有远景的靶区，是当前以及今后相当一段时间内的重要任务。下面谈谈个人不成熟的看法。

成矿区（带）化探普查的任务以及选区

目的和任务决定着对异常进行研究评价的内

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