维普资讯 http://www.cqvip.com

第18卷 第5期 铀 矿 地 质 Vol.18 No.5
2002年 9月 Uranium Geology Sep. 2002

天姆尖破火山口地球物理特征①

林子瑜 蒋金元 徐金山

(中国核工业地质局270研究所 江西南昌县 330200)

[摘要] 本文系统论述了天姆尖地区地层、岩石的重、磁参数特征和该区重磁异常的分布特征,并利用这些特征对天姆尖地区地质构造、隐伏(半隐伏)岩体、深部构造和火山构造进行了推断和解释,得出了该区具有寻找富大火山岩型铀矿远景的结论。

[关键词] 天姆尖破火山口;地球物理

[文章编号] 1000-0658(2002)05-0295-07 [中图分类号] P631.1+4;P631.2+4 [文献标识码] A

赣杭构造带是我国最大的和最重要的火山岩型铀成矿带,相山和天姆尖是该带迄今为止已经发现的两个规模最大的破火山口,其中相山破火山口已经探明了大量铀资源储量。"九·五"期间,笔者主持完成了"富大花岗岩型、火山岩型铀矿成矿机制、定位条件及靶区优选"重点科研项目之"赣杭带重点远景区段铀成矿规律深入研究"课题,应用一系列新技术和新方法对天姆尖和相山两个大型破火山口进行重点解剖和对比研究。本文是该研究成果的组成部分之一。

1 地理、地质概况

天姆尖地区位于浙江省建德、诸暨和富阳三县市交界之处,大地构造上处于扬子板块与华南板块的交合部位,江山-绍兴深大断裂的北侧。

天姆尖地区地层,从结构上可划分为上、下二套,即基底和盖层。基底由元古代和古生代地层组成,分布在天姆尖盆地的北部、东部和南部边缘地带;盖层由中生代晚侏罗世陆相火山岩、次火山岩组成,占据天姆尖火山盆地的中心,在本区出露面积最大,且与铀矿化密切相关。

天姆尖地区岩浆活动以神功期、晋宁期、印支期和燕山期为主。神功期,本区存在大规模的火山活动,形成了一套钙碱系列的安玄岩、安山岩、流纹岩等火山岩建造;此外,根据神功运动不整合面上骆家门组底部含有大量花岗岩、二长花岗岩、石英闪长岩巨大砾石的现象可以推断,神功期应该存在中、酸性岩浆侵入活动。晋宁期岩浆活动表现为早期海相中-基性火山喷发为主,形成了细碧岩、安玄(玢)岩、安山(玢)岩等,而晚期则以陆相火山溢流为主,形成了一套中酸性的安山岩、流纹岩等,但岩浆侵入活动不发育。印支期岩浆活动以侵入为主,形成了花岗岩、钾长花岗岩岩体,出露在天姆尖地

① "九·五"国防预先研究项目(66.1.5)

[收稿日期] 2001-03-20 [改回日期] 2002-02-08

[作者简介] 林子瑜(1962-),男,高级工程师,1983年毕业于华东地质学院,主要从事资源环境调查、遥感和地理信息系统应用研究。

维普资讯 http://www.cqvip.com

区的东北角萧山市河上至富阳县章村一带。燕山期岩浆活动规模最大,活动最强烈,主要表现为晚侏罗世(劳村期、黄尖期、寿昌期)大规模的中-酸性火山喷溢,形成了一套厚达几千米的流纹(斑)岩、安山岩、英安岩、凝灰岩、碎斑熔岩以及凝灰质砂岩等火山-沉积建造,紧接着有大规模的酸性岩浆侵入,形成隐伏的花岗岩体,并伴有中基性脉岩侵入。

2 重、磁场特征

2.1 地层岩石重、磁参数特征

天姆尖地区地层岩石密度、磁化率列于表1中,由表可知:

(1) 震旦系与寒武系之间,剩余密度为 0.12×10^3 kg/m^3;寒武系与侏罗系之间,剩余密度为 0.13×10^3 kg/m^3。

表1 天姆尖地区地层岩石密度、磁化率一览表

Table 1 Density and susceptibility of strata and rocks in Tianmujian area

地质单元及代号		岩 性	平均密度值 ($\times10^3$ kg/m^3)	平均磁化率 ($4\pi\times10^{-6}$SI)
中生代	J_3s^2	流纹岩(主体)	2.59	289
	J_3s^2	流纹岩(熔岩穹丘)	2.53	364
	J_3s^2	流纹岩(隐爆岩筒)	2.54	0
	J_3s^1	粉砂岩	2.56	0
	J_3h^2	熔结凝灰岩、凝灰岩	2.59	435(熔结凝灰岩)
	J_3l	砂岩、凝灰岩	2.59	0
古生代	ϵ	灰岩	2.72	0
元古代	Z	硅质砂岩	2.84	0
	AnZs	片理化砂岩	2.87	0
	AnZh	片理化砂岩	2.97	0
	AnZl	砂岩	2.73	0
	AnZsh	板岩	2.74	0
脉岩	$\gamma\pi J_3$	花岗斑岩	2.69	129
	$\lambda\pi J_3$	流纹斑岩	2.63	577
	β	辉绿岩	2.62	694
	$\alpha\mu$	安山玢岩	2.72	1246
	$\zeta\pi J_3$	英安斑岩	2.62	1034
	$\upsilon\pi J_3$	霏细斑岩	2.38	0

注:资料来源:江西省核工业地质局266大队物探队,1997。

(2) 地层岩石磁性差异较大,基底(ϵ、Z、AnZ)无磁性,盖层中生代火山岩中磁性不一;J_3s^2、J_3h^2 岩层显中等磁性(J_3s^2 隐爆岩筒为无磁性),J_3s^1、J_3l 岩层为无磁或弱磁性,次火山岩类及侵入岩一般均具磁性。

加里东运动使本区褶皱隆起,形成临浦-寿昌复背斜,其核部为中、上元古界地层,两翼地层为震旦系、寒武系。海西-印支运动使本区进一步褶皱隆起,在此基础上形成了天姆尖中新生代陆相火山盆地。因此,反映受几次大构造运动后形成的侵蚀面的密度界面(即中生界与古生界之间的构造界面)是本盆地的主要密度界面,是产生区域重力异常的主要因素,它主要反映出基底的起伏变化及其构造形迹。

相对上述侵蚀面的起伏变化而言,中生界内部的构造是局部和较小的。由于中生界地层之间的密度变化不大,没有明显的密度界面,布格重力异常在一般情况下难以反映这些构造,但对异常进行数据处理之后,局部异常能够反映出来。侏罗系火山岩的密度相对较低,将产生负重力异常;次火山岩和花岗岩的密度也较低,也将产生局部负重力异常。

维普资讯 http://www.cqvip.com

2.2 重、磁异常分布特征

在布格重力异常图(图1)上重力值差异不大,一般在(-10-+6)×10^{-5} m/s^2之间变化。重力值最高可达20×10^{-5} m/s^2,分布于河上镇北部;重力值最低为-12×10^{-5} m/s^2,主要分布于天姆尖火山盆地中。异常轴向以北东向为主,次为北西向及近东西向。重力高与重力低大多以重力梯度带相隔,与该区地质体、断裂构造的空间展布相对应。在高密度结晶基底变质岩(双溪坞群、骆家门组、陈蔡群)发育区及震旦-寒武纪地层分布区呈现为重力高值带,如河上镇、陈蔡等地。密度相对较低的中生代火山岩、中酸性岩浆岩发育区呈现为重力低值带,如天姆尖火山盆地。该火山盆地在空间上严格受北东向和北西向重力梯度带控制,盆地西侧在富春江-环溪一带呈现为北东向重力梯度带,东侧内缘在姚村-泮周家一带呈现为北东东向重力梯度带,盆地两端呈现为北西向重力等值线密集带,从而构成由-8×10^{-5} m/s^2等值线圈闭的北东(东)向重力低异常,显示盆地明显受两条北东向断裂和两条北西向断裂联合控制。圈闭的重力异常再现了天姆尖火山盆地的大致轮廓,其盆地面积达1200 km^2。盆地外围被北东向重力高包围,东为麻车埠-虞宅重力高,北东端为河上镇重力高,北西为桐庐-大同重力高。重力场特征反映区内以北东向地质构造为主,在中生代前基底曾强烈褶皱隆起,并遭受强烈风化剥蚀,直到中生代时本区又经受了强烈的挤压-伸展运动,引起基底再次隆起并伴以火山喷发、岩浆侵入,接受晚侏罗世、白垩纪地层沉积,形成了以北东向构造为主的断块构造格局。

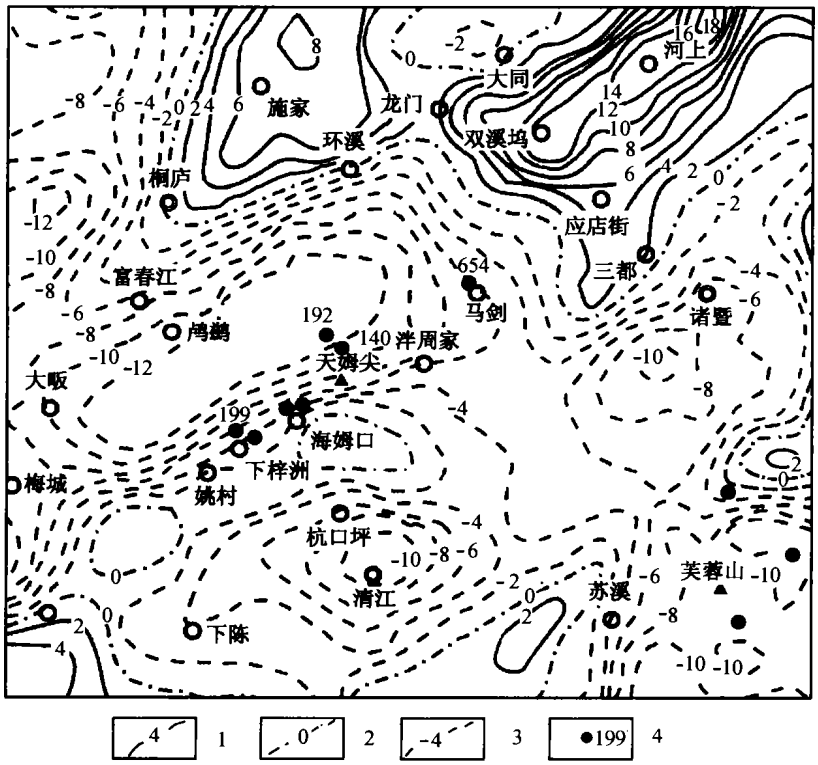


图1　天姆尖地区布格重力异常平面等值线图(单位:10^{-5}m/s^2)

Fig.1　Contour map of Bouguer anomalies of Tianmujian area

1——正异常等值线;2——零值线;3——负异常等值线;4——铀矿床(点)及其编号。

在航磁异常图(图2)上见有一条十分明显的北东向正磁异常带(100-200) nT,处于天姆尖火山盆地东南侧边缘,分布于麻车埠-杭口坪-天姆尖-应店街-漓渚一线,它由一系列

维普资讯 http://www.cqvip.com

成串分布的长轴状、短轴状及部分等轴状密集高异常圈所构成，异常轴向北东，与临浦-寿昌复背斜轴部相对应。在地质上为连续不断的次火山岩体及流纹岩出露。因此，正磁异常带可能为沿背斜轴部裂隙喷发的火山岩、岩浆侵入及断裂带中充填中基性脉体的综合反映，并且与漓渚-常山断裂带北东段相对应。正异常带北西侧为 0－100 nT 低缓正异常，位置与天姆尖火山盆地相对应，继续往北西延伸呈现为大片的平静负磁场，偶见分散的低缓正异常，与大面积出露的无磁性的震旦系、寒武系、奥陶系相对应。该正异常带南东侧呈现为十分复杂的正负相间磁异常，如诸暨－枫桥一带以正负相间的北东向条带状异常为主，陈蔡附近以北东向正异常(100－200 nT)为主，芙蓉山火山盆地以环形磁异常为主。磁异常的剧烈变化与规模巨大的江绍深断裂带的长期活动息息相关，伴随断裂构造活动使超基性、基性、中酸性岩浆沿构造带侵入和喷发，尤其在晚侏罗世－早白垩世时达鼎盛时期。

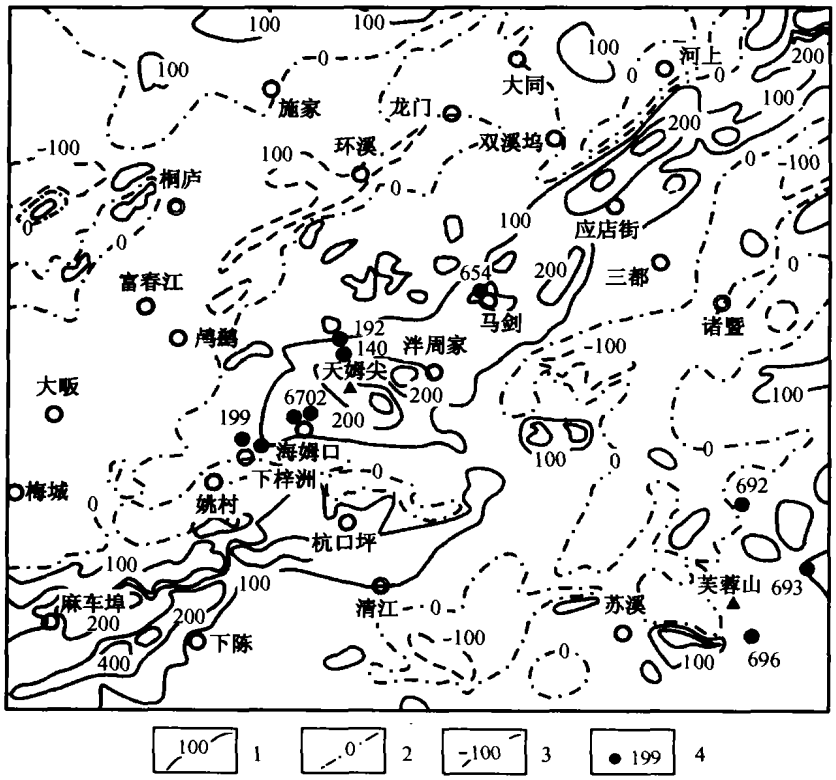


图 2 天姆尖地区航磁 ΔT 异常平面等值线图(单位：nT)

Fig.2 Contour map of areo-magnetic ΔT anomalies of Tianmujian area

1——正异常等值线；2——零值线；3——负异常等值线；4——铀矿床(点)及其编号。

3 重磁异常推断与解释

3.1 断裂构造

地球物理异常特征中反映断裂构造的异常标志以重力梯度带、磁异常变异带为主，次为重、磁异常呈串珠状延展、错位和异常等值线呈有规律地拐弯及环形磁异常等。为了提取不同层次、不同方向的地质构造信息，常采用对 Δg 进行二次求导、上延及转角等计算技术。根据各种方法获得的构造异常标志，结合区域地球物理异常特征、遥感影像特征和地质构造调查，我们解译了本区断裂构造格架。研究表明，本区以北东向和北西向断裂构造为主，次为东西向断裂，构成菱形格子状构造格架。

维普资讯 http://www.cqvip.com

(1) 北东向断裂构造

本区北东向断裂有江绍深断裂带苏溪-枫桥段、常山-漓渚断裂带杭口坪-漓渚段、肖山-球川断裂带大畈-河上段、里陈-河上断裂、长州-大同断裂。

区域性北东向重力梯度带常常是断裂构造存在的最主要标志,本区北东向断裂均具此特征。在剩余布格重力异常图上表现为零值线呈北东向延伸,两侧分别为重力高和重力低异常。在磁场上,可见有呈北东向展布的磁异常变化带,如漓渚-常山断裂北东段,呈现为十分明显的正磁异常带(100－200 nT),规模大,宽度一般为8 km,长度超过110 km,呈北东向展布,分布于麻车埠-杭口坪-应店街-漓渚一线。江绍深断裂带由屯溪—温州大地电磁测深、地震测深剖面反映出,它不仅在地壳上部为区域沉积建造的明显分界,而且在上地幔也为区域性的分区界线。华南块体内部上地幔顶部速度值为8.0－8.3 km/s,而赣东北-浙西地体内则为7.5－7.7 km/s。这说明两者分别反映了地幔的不同性质和物质组成存在明显差异。天姆尖火山盆地属赣东北-浙西地块,由莫霍面埋深计算,显示本盆地深部地质构造属肖山-常山鼻状幔隆。

(2) 北西向断裂构造

本区北西向断裂包括龙门-陈蔡断裂、桐庐-苏溪断裂、梅城-长陵断裂和施家-牌头断裂。

北西向断裂在规模、延伸和切割深度等方面均不如北东向断裂,其主要特征为:以重力等值线拐点连线呈北西向延伸为主,兼而发育断续的重力等值线密集带,如龙门-陈蔡断裂。在磁场上,表现为一系列北西向断续展布的局部磁异常,天姆尖、芙蓉山等地见200－400 nT、100－1850 nT的磁异常,呈北西向分布,它的位置与桐庐-苏溪北西向断裂相对应,隶属北西向昌化-温岭区域断裂。

(3) 东西向断裂

本区东西向断裂包括梅城-东塘断裂、乌龙山-诸暨断裂和芦茨-三都隐伏断裂。前两条断裂以较明显的近东西向重力梯度带和磁异常变化带为主要特征,后一条断裂主要依据266大队(1997)实测重力资料,对Δg异常进行0°及45°方向的0.5、1、2、4 km的导数处理,并利用重力资料反演计算火山岩层厚度,据等深度图显示主火山喷发中心的短轴方向呈东西向展布而定。

3.2 隐伏(半隐伏)岩体

根据浙赣两省1/50万布格重力异常图、剩余布格重力异常图与1/50万地质图对比研究,发现凡是具有一定规模的出露花岗岩体均出现与之对应的圈闭重力低异常,或呈现重力低异常区(带),或呈现重力等值线的扭曲现象等特征。这种一一对应关系显然是由岩体的地球物理性质所决定的,即花岗岩体与围岩之间存在质量亏损所致[1]。从而可依据圈闭良好的局部重力低异常,结合其它物化和地质研究资料,推断岩体的隐伏部分及完全隐伏的岩体。

常山-漓渚区域断裂在天姆尖火山盆地南东缘通过,沿断裂带北西侧呈现较多的呈北东向展布的局部负重力异常,大多与出露花岗岩体相对应,遵循由已知到未知的原则,判断天姆尖火山盆地可能存在隐伏花岗岩体。

重力梯度带沿上述断裂带断续地呈北东向展布,始于上饶灵山岩体南缘,经常山－巨县北侧、兰溪北侧、天姆尖火山盆地南缘和诸暨北侧直到漓渚。梯度带南侧以北东-北东东向重力高为主,有上饶、玉山、巨县、兰溪和洪岭-虞宅局部重力高,为基底隆起和上地幔凸起的综合反映;北侧以北东-北东东向重力低负异常为主,有灵山-大茅山、芙蓉-洞口、梅城南和天姆尖重力低。

灵山-大茅山重力低包围着灵山和大茅山两个花岗岩体,最低重力值达$(-52.5\text{—}-57.5)\times10^{-5}$ m/s^2,两岩体同位于-45×10^{-5} m/s^{2}等值线圈闭异常内。重力剩余负半极值等值线圈闭异常范围包围大茅山、灵山岩体;据赣东北地区深部研究报告,两岩体在深部相连,同受赣东北深断裂带和北西向断裂带复合控制。因此,推断发育灵山-大茅山半隐状花岗岩体。

芙蓉-洞口重力低包围着西坑、九华山两个出露花岗岩体及侏罗系火山岩系,最低重力值小于-30×10^{-5} m/s^2,重力低被-26×10^{-5} m/s^{2}等值线圈闭,四周为重力等值线密集带,其外围呈现重力高,为前震旦-震旦系变质岩及下古生代地层的综合反映。在剩余布格重力异

维普资讯 http://www.cqvip.com

常图上,显示为由零值线圈闭的重力低负异常,呈北东向展布,最小重力值为(－13.7—－14.5)×10^{-5} m/s^2。在屯溪-温州地学断面上,该地段浅部(5 km内)为高阻地质体,向下深度达10－20 km发育低速高导层,有的研究成果把它解释成"岩浆层",为壳源岩浆的发源地。上述特征表明双桥火山盆地内几个出露岩体在下部相连,存在规模较大的千里岗半隐伏花岗岩体,并被常山-漓渚断裂和萧山-球川断裂所夹持。

上述表明,花岗岩体上方往往形成重力负异常。当一个规模较大的重力负异常内包围着几个小的圈闭重力负异常时,其对应的几个出露小岩体在一定深度上则彼此相连,显示半隐伏花岗岩体的存在。在地学断面上呈现为地壳厚度增大,如千里岗岩体所在地区,其地壳厚度由原来的31－32 km增至36－37 km,表明上地幔加深与地壳中岩浆发育程度存在着较为密切的联系。

天姆尖火山盆地被－8×10^{-5} m/s^2重力等值线圈闭,轴向北东-北东东,重力值最低为－12×10^{-5} m/s^2,四周被北东向重力梯度带及北西向重力等值线密集带包围,表明晚侏罗世火山盆地明显受北东向及北西向断裂构造联合控制。在磁场上,天姆尖火山盆地东南侧呈现为十分清晰的正磁异常带,强度为100－200 nT,呈北东向展布。在正异常带内还发育呈北西、北东向展布的局部正磁异常200－400 nT,北东向正磁异常带位于临浦－寿昌复背斜轴部,也与常山-漓渚断裂带北东段相吻合。在剩余布格重力异常图上,天姆尖火山盆地呈现为由零值线圈闭的重力低负异常区,最小值低于－4×10^{-5} m/s^2。1980年永平-杭州段地震测深成果显示,位于天姆尖火山盆地西缘大岩山附近的奥陶系下面存在花岗岩,其上方对应重力等值线拐弯部位,下方对应莫霍面加深至32 km,而两侧一般为30－31 km。

由上述表明,天姆尖火山盆地具有与灵山、千里岗等地相类似的封闭重力负异常和地质构造,同受常山-漓渚断裂带控制,同位于萧山-常山鼻状幔隆之上,因此,在盆地内存在隐伏或半隐伏的花岗岩体。

3.3 深部构造与火山构造

天姆尖火山盆地位于杭州-常山北东向深部低缓隆起带北东段(浙江省地质局,1980),从常山到杭州莫霍面起伏变化较大(江西省地震办公室,1980),常山为－26—－28 km,千里岗一带为－30 km左右,天姆尖火山盆地西侧莫霍面深度达－30—－32 km,杭州附近莫霍面又明显抬升为－28—－29 km。其结果显示在同一构造单元内莫霍面埋深变化与地壳浅部的地质构造具对应关系,即结晶基底出露地段莫霍面埋深相对变浅,地表出露火山岩、侵入岩及存在隐伏花岗岩体地段一般莫霍面相对变深。这一现象揭示构造-酸性岩浆活动与莫霍面发生变化具有上下对应关系。天姆尖火山盆地位于萧山-常山鼻状幔隆北东段,其东南界为江山-绍兴深断裂带,西北界为乌镇-马金(建德)断裂带,对应大地构造单元为临浦-寿昌复背斜。

利用266大队物探队测量所获得的1/10万布格重力异常模拟计算的火山岩层厚度显示,在华家圹－雪水村一带火山岩系厚度最大,达1800－2000 m。以－1800 m等深线圈闭的不规则状坳陷地段可能为本盆地主火山喷发中心,长轴呈NNE向展布,位于长州－华家圹－景山一线,与北北东向长州-大同基底断裂相对应,短轴呈近东西向,位于梅树坞－华家圹－雪水村－外松山一线。布格重力异常0°、45°方向导数异常图上显示存在近东西向隐伏断裂。由此可以推断天姆尖火山盆地主火山喷发中心和喷发带受NNE向和近EW向两条基底断裂联合控制。在主喷发中心东侧马剑、紫云等地,火山岩厚度明显变薄,马剑－小章村一带火山岩厚度仅400－600 m,呈现为近南北向展布的基底隆起区。再往东,火山岩又相对变厚,达800 m,并由它圈闭为呈南北向展布的天圹岗-青山坳陷,推断为次火山喷发中心,可能存在隐伏花岗岩体。此外,266大队(1997)物探队实测的布格重力异常在南西端尚未封闭,据区域重力资料(图1),天姆尖火山盆地呈现的负布格重力异常直到乌龙山附近才被圈闭。

4 铀成矿远景分析

天姆尖地区目前已经发现的铀矿点、矿化

维普资讯 http://www.cqvip.com

点主要分布于火山盆地东南缘,在空间上呈北东向展布,位于姚村-海姆口-天姆尖-泮周家北东东向重力梯度带上和100－200 nT北东向磁异常带内,表明铀矿化明显受属江绍深断裂带范围内的漓渚-常山断裂构造带的次级断裂所控制。其中199矿床处于近东西向磁异常变化地段,654矿点位于呈北西向展布的200 nT局部磁异常内,140、192点位于200－300 nT北西向磁异常边缘。这些特征表明铀矿化发育于近东西向、北东向和北西向断裂构造交叉复合部位,并且与煌斑岩脉、辉绿岩脉和次火山岩关系密切。

研究表明,赣杭构造带产铀火山盆地多处于区域性的上地幔隆起带上。如相山、盛源产铀火山盆地位于东乡-广丰上地幔隆起带南侧边缘,受萍乡-广丰深断裂带控制;大洲、双桥产铀火山盆地位于杭州-常山鼻状幔隆上及其边缘,受江绍深断裂带控制。赣杭构造带展布于扬子和华南两大板块接壤地带,结构面薄弱,易于引起地幔与地壳、下地壳与中地壳、中地壳与上地壳之间的物质交换运移,使之沿构造碰撞带生成极其复杂的地球物理场和地质构造面貌。如东乡、江山、金华等地所呈现出的重力高和正磁异常,是地球物理场和地质构造面貌。如东乡、江山、金华等地所呈现出的重力高和正磁异常,是由含基性成分较多的深部物质(来自下地壳或上地幔)和结晶基底出露于地表或浅部引起的,在多数情况下对亲氧元素铀的富集是不利的。在构造碰撞带内的另一些地段,如相山、盛源、大洲、双桥等地呈现为重力低和磁场强度较低的重磁场特征。它们由晚侏罗世中酸性火山岩系构成火山盆地,并且发育次火山岩及存在隐伏花岗岩体,为铀及铅、锌、钼等元素富集提供了热源、矿源,并为元素迁移创造了良好的地质构造环境。

地球物理研究表明,天姆尖火山盆地处于鼻状幔隆之上,江绍深断裂带的长期活动促使地幔物质上涌,影响和诱发地壳发生变化,导致该区发生褶皱隆起,发育北东、北西和近东西向的区域性的基底断裂,沿断裂构造产生岩浆上侵以及成矿元素预富集作用;强烈的燕山运动,在区域上形成了晚侏罗世神功-白沙陆相火山活动带。天姆尖火山盆地是该火山喷发带的组成部分,它由一主两次3个火山喷溢-喷发中心产生的火山堆积物及次火山岩、侵入岩组成。在盆地内盖层断裂发育,以北北东向和北西向为主,次为近东西向。因此,由地球物理勘查资料揭示天姆尖火山盆地具有形成富大铀矿的深部地质构造环境和找矿前景。

"赣杭带重点远景区段铀成矿规律深入研究"课题的顺利完成,得到了269、264、261大队和南京大学的大力支持和帮助,在课题研究过程中得到了核工业北京地质研究院谢佑新研究员的悉心指导,在此一并表示谢意。

[参考文献]

[1] 袁奎荣.隐伏花岗岩预测及深部找矿.北京:科技出版社,1990.

Geophysical characteristics of Tianmujian caldera

LIN Zi-yu JIANG Jin-yuan XU Jin-shan

(*Research Institute No.270, Bureau of Geology, CNNC, Nanchang county, Jiangxi province*, 330200)

Abstract: In this paper, the stratigraphy, and gravimetric and magnetic parameters of rocks, as well as the distribution of gravimetric and magnetic anomalies in Tianmujian area are systematically discussed. Then, the geologic structures, concealed (semi-concealed) intrusive massifs, deep structures and volcanic structures are inferred and interpreted. Finally, a conclusion is made that the study area is favorable for locating rich-large volcanic-type uranium deposits.

Key words: Tianmujian caldera; geophysical