

钟南昌 黄金喜 许 军

序 言

环形影象又称“环状特征”(Circular feature)或“环状构造”(Circular tectonic),系各种遥感图象中的环状色调和形状异常。因为它常常是某些地质实体的地面表征,又往往与一些内生金属矿床相关,所以受到国内外遥感地质工作者的注意。尽管形成环形影象的因素很多,然而在一一定的地质—构造条件下,它们无疑主要是特定地质作用的结果,并显示出相应的成矿意义。鉴此,我们利用陆地卫星的黑白图象、假彩色合成图象、密度分割图象及黑白航空象片,对久负盛名的西华山—杨眉寺钨矿汇集区(简称西—杨地区,下同)进行了图象解译、分析和实地验证,其结果表明,不但在已知的钨矿区普遍有“环”的显示,而且在矿区以外也同样展现着许多环形影象。这些环形影象的种种迹象表明,它们是构造—岩浆作用的结果:每一个环体都可能对应着一个相应的隐伏花岗岩体,而一群密集环体则对应着与深部花岗岩基相连的一群凸起岩峰。同时,许多环体不但为钨、锡重砂晕所重叠,而且大多数脉钨矿床都落在它们的内、外边缘。这就表明,西—杨钨矿汇集区的环形影象可能指示着一些潜在的钨矿床。从而使我们相信,通过环形影象的研究,可望为寻找、预测钨矿床开辟一条直观、快捷而且省钱的新途径。

本文拟就西—杨地区与脉钨矿床相关的
环形影象的特征、意义及找矿价值进行初步
探讨。

西—杨地区环形影象的基本特征

通过解译研究,本区有环形影象31处(图1)。由于它们均发育于加里东期地槽褶皱的后期断隆

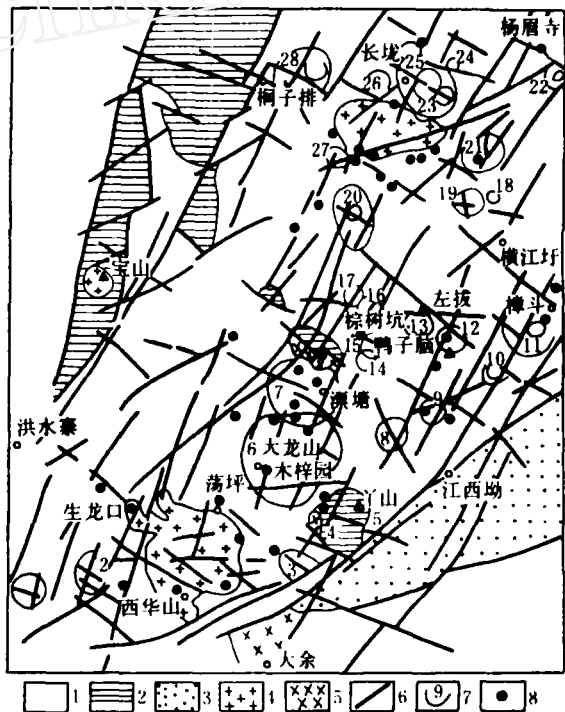


图 1 西—杨地区环形影象、线性断裂解译略图

- 1—震旦—寒武系; 2—泥盆—二迭系; 3—第三系;
4—燕山期花岗岩; 5—海西期花岗岩; 6—断裂;
7—环形影像及编号; 8—脉状钨矿床(点)

带中，因而具有相对均一的地质构造背景，反映出相似的形象、地貌特征。

(一) 影像特征

西—杨地区的环形影象不论在卫星象片抑或航空象片中均有较清晰的显示，并集中表现为色调和形状的异常。在黑白航、卫片中，大多数环体显示为浅色调，称“浅色环”，部分显示为深色调，称“深色环”，还有少部分深、浅色调参杂。

* 参加工作的还有饶佛清、郭宗喜等

不论色调深浅环体边界的清晰程度不尽相同,凡在环缘出现弧状、环状线性体的,其边界清楚,否则较模糊。在假彩色卫片(4、6、7波段合成)中,环体多呈浅棕色。形状异常表现为环体内部图案结构的异化。一般说来,主要趋向于圆化,形成鳞片状、斑块状图案,而在环外主要为条状、栅状等图案。正是由这些色调和形状的异常构成了该区环状的形象实体——环形影像。它们在外形上都较为相近,多呈圆形、椭圆形,少数呈半环形及梨形。椭圆形环的长、短轴比小于1.5。环体的规模大体上有二类,一类直径大于4公里,较少出现,并主要显示于卫片中;另一类直径小于4公里,其中以1~3公里为数最多,

此类环虽在航、卫片中均有反映,但在航片中尤为清晰。

值得指出的是某些规模较大的环在卫片密度分割图象中也有所显示。同时,一些密集分布的环群通常呈现相近的密度级。整个钨矿汇集区又处于另一种密度背景中,充分显示出单环、环群及区域背景区电磁辐射强度的明显差异。

(二) 地貌特征

西—杨地区的环形影像在地貌上展现为别具一格的浑圆状穹窿地貌。但由于它们都不同程度地受到过侵蚀及断裂作用的破坏,因而其外形趋于复杂,形成各式各样的穹状地貌景观(图2):

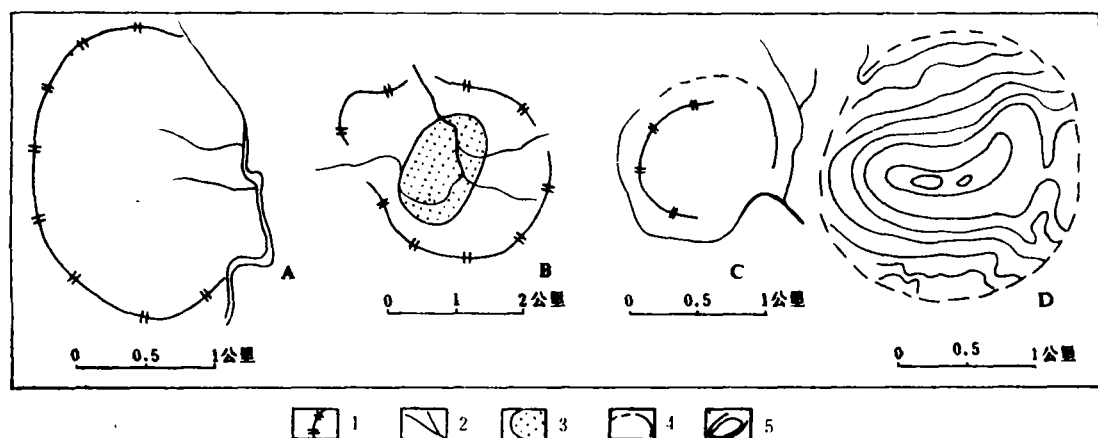


图2 西—杨地区与环形影像有关的穹窿地貌略图

1—弧形脊; 2—水系; 3—中央凹地; 4—环形影像边界; 5—地形等高线

1. 一侧为弧形山脊所围绕,而在总体上向另一侧倾斜的不对称穹窿(图2A);

2. 四周边缘有弧形山脊环绕,但在环体中央出现圆形凹地的碟状穹窿(图2B);

3. 边缘既有弧形山脊,又有环形沟谷围绕,致使弧状正、负地形相间排列的复杂穹窿(图2C);

4. 中央最高,而向四周倾斜的简单穹窿(图2D)。

不难看出,前三种环形影像的地貌景观都是正常穹窿受到长期侵蚀破坏而产生的后期变种。它们虽然不再保持由中央向四周倾斜的常态,但那一系列弧形山脊、弧形沟谷及呈弧状排列的各种地貌要素仍然把一个个环形影像清晰地反映出

来。证明本区环形影像在总体上主要为上隆的正性地貌单元。

(三) 环形影像空间组合特征

环形影像在空间分布上,时而稀疏,时而密集,有时还互相接触或重叠,因而形成多种组合类型(图3):

1. 单环: 环体独立出现,不与其他环体接触;

2. 连环: 两个环体互相接触,并有小部分重叠(图3A);

3. 叠环: 两个环体套叠在一起,致使大环包小环,前者称为“外环”,后者称为“内环”,内环通常居于外环的中央(图3B);

4. 母子环: 在一个大环——母环的内或外边

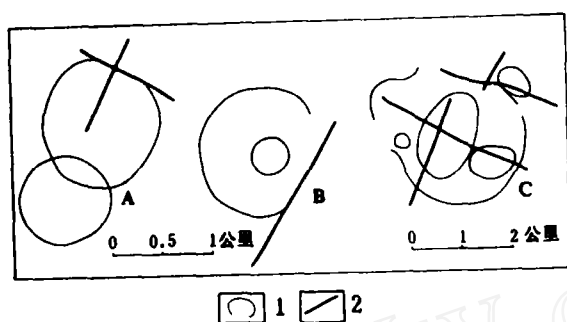


图3 西—杨地区环形影像组合类型简图

1—环形影像边界；2—断裂

缘出现若干个次级环——子环，这种由大小环体密切共生的环群称为“母子环”（图3C）。子环与母环的边界一般不相切割，俨然象一种寄生关系，于是有人称为“寄生环”。

不言而喻，连环及母子环主要出现于环形影像的密集区。

西—杨地区的主要环形影像

本区环形影像发育，影像标志较清晰的31处，其中3处与西华山、宝山裸露的花岗岩体大致重叠，未予图中表示，其余28处在地表均无岩体出露，为此次研究的重点。这些环形影像集中发育于北北东向洪水寨—桐子排与江西坳—杨眉寺断裂之间的断隆带中，并沿西华山—长垄一带密集的北北东向断裂形成环体的密集带。在此带的两侧，环体骤然减少以致消失。现将本区主要的环形影像列表（表1）。

西—杨地区环形影像的地质意义

影像、地貌以及地质特征一致表明本区环形影像的属性相同，均属燕山期构造—岩浆综合作用的结果，主要依据是：

（一）环体范围存在穹窿地貌

如前所述，绝大部分环形影像实地都展现为穹窿地貌，且这种穹窿系由燕山期的花岗岩侵位所致。因为大量的事实表明，西—杨地区（以至江西南部）广泛分布着钨的成矿花岗岩（188～140×10⁶年），无论裸露岩体（如西华山）或已被钻探证实的隐伏岩体（如漂塘），几乎都呈现穹状

地貌。地质和遥感信息可以证明，这些既与脉钨矿床相关，又与环形影像相关的穹窿地貌的形成，与花岗岩侵位时的热—动力作用有关，这在宝山岩体得到充分显示。宝山岩体位于西—杨区西部，呈浑圆状，面积1.8平方公里，侵入于褶皱基底之上的盖层向斜盆地中。由于它的侵位，不但形成穹窿地貌，而且围岩受到向四周的排挤作用而发生明显的位移、变形。钨矿区和环形影像的地貌特征可以与此类比，同属岩浆的热—动力作用的结果。

此外，位于环体边缘的弧形山脊，总是外侧陡峻内侧平缓，这同样是下伏存在岩体的另一佐证。已有资料揭示，陡峻的外侧对应着岩体的边界，而平缓的内侧则对应着岩体的顶面。

（二）环形影像与接触变质晕叠合

遥感信息及区测资料共同证实，本区多数环形影像在其分布范围存在着接触变质岩石，两者在空间分布上总是形影相随。往往一个独立的环体同时也是一个独立的接触变质晕，并且由环缘向中心或由地形高处到地形低处，接触变质岩石的变质程度由弱变强，位于西华山西南约3公里的2号环体就是典型的一例（表2）更多的情况是一群密集的环境落在一个面型的接触变质晕中，这明显地反映在棕树坑、左拔及长垄一带环形影像的密集区。在这种场合，环体的面积小于晕圈的面积，致使环群落在一个连续分布的大晕圈之内。

面型分布的接触变质岩石（晕）标志着花岗岩体的存在，这早在60年代初期就被证实，当时江西的钨矿地质工作者就在西华山—漂塘一带通过热变质带的研究，成功地预测过隐伏花岗岩体埋深及其有关钨矿床。那么，本区环形影像伴随着有关变质晕这一事实，无疑也预示着这些环形影像对应着地下隐伏花岗岩体的不同深度的岩峰突起。

（三）环形影像依附于线性断裂

西—杨地区环形影像的空间分布直接受到该区几组优势断裂的控制。表现为环体定位于两组优势断裂的结点附近，一系列环体沿着这些优势断裂呈线性分布，呈现和断裂构造协调的展布格

西华山—杨眉寺地区主要环形影像简表

表 1

环 体 编 号	景 象 色 调	地 貌	环区交叉 断裂方向	出露 地层	形 状 规 模
1	灰 色	西环缘有弧形 脊, 外陡内缓	北北东、北西	Z、Є	圆形, 直径 1.5 公里
2	内圈灰白色外圈浅灰色	西缘有弧形山脊	北北东与北西	Є	椭圆, 长轴 2 公里
4	深灰色	环缘有弧形脊 总体为穹窿	北北东、北西	D	圆形, 直径 0.7 公里
6	浅灰色	环缘为断续 的弧形山脊	北北东与北西	Є	圆形, 直径 4.5 公里
7	深灰色	环缘有断续 的弧形山脊	北北东、北 西、近东西	Є	圆形, 直径 3.5 公里
8	灰 色	不规则穹窿状	北北东与北北西	Є	圆形, 直径 1.7 公里
9	浅灰色	环缘为弧形 脊, 谷相间	北东、北北东	Є	椭圆, 长径 1.2 公里
12	深灰色	环缘为弧形谷, 总体为穹窿	北东、北西、南北	Є	圆形, 直径 1.2 公里
13	浅灰色	穹窿状	北北东、北西	Є	圆形, 直径 1.3 公里
15	灰白、浅灰色掺杂	西缘有弧形山脊	北北东、北西	Є	圆形, 直径 1.2 公里
16	灰白色	不规则穹窿状	北北东、北西	Є	梨形, 长轴 1.3 公里
17	浅灰色	环缘有断续 弧形山脊	北北东、北东	Є	圆形, 直径 1 公里
19	灰白色	环缘局部有 弧形脊、谷	北西、近南 北、近东西	Є	圆形, 直径 1.5 公里
20	灰白色	环缘为弧形脊, 内部下凹	北北东、北西	Є	椭圆形, 长轴 3 公里
21	灰 色	东陡南缓穹窿	北北东、北东东	Є	椭圆形, 长轴 2.5 公里
23	中央凹地白色, 其它浅灰色	中央有圆形 凹地的穹窿	北北东、北西	Є	椭圆形, 长轴 3 公里
26	灰白色	环北缘有弧形 脊, 北陡南缓	北东、北西	Є	半环状, 直径 1 公里
27	浅灰色	西北环缘有弧形脊 谷, 总体为穹窿	北东、北东东、北	Є	椭圆形, 长轴 1.5 公里
28	浅灰色	环内山脊圈化 出现锯齿状水系	北北东、北西 北北西、东西	Є	半环形, 直径 2.4 公里

2号环体接触变质岩石特征简表

表 2

标本号	在环体的位置		岩石名称	结 构 构 造	主 要 矿 物	斑点特征	变质程度
21-1	环缘	高 处	含斑点千枚状绢云板岩	显微鳞片变晶结构, 斑点千枚状构造	绢云母为主, 少量黑云母	斑点呈椭圆状, $0.7 \times 0.2 \text{ mm}$	弱
22-2			角岩化变余细砂岩	变余砂状结构, 部分角岩结构	石英72~77%, 绢云母15~20%, 黑云母5%	黑云母呈集合体分布于碎屑间	
22-1			千枚状斑点板岩	显微鳞片变晶结构, 斑点构造	绢云母83%, 绿泥石10%	斑点呈椭圆状 $0.35 \times 0.21 \text{ mm}$	
22-5			千枚状斑点板岩	显微鳞片变晶结构, 斑点构造	绢云母为主, 次为黑云母	斑点呈椭圆状 $2.5 \times 0.6 \text{ mm}$	
21-5		环中央	黑云母斑点角岩	角岩结构, 块状构造	黑云母 88~93% 绢云母 石英5~10%	斑点呈团块状 3 mm左右	强

式。从图1可以看出, 本区的控环断裂主要有四组, 即走向 30° 、 50° 的冲断裂及走向 300° 及 320° 的张断裂。它们分别为北北东及北西向构造带的正交断裂系统。其中北北东(30°)冲断裂及其张性系统乃是主导性的控环构造, 而其他断裂只具次级或局部的控制意义。因而一级环体带取北北东方向, 二级环体带呈北西(300°)方向, 同时, 由于北西向断裂呈等距发育, 使一些二级环体带也出现这种现象。

上述控环断裂不只在本地发育, 而包括南岭许多地区的燕山期控岩断裂。环形影象与花岗岩控制构造的同一性, 说明了它们为同一地质实体的两种表现形式。

(四) 环形影象密集区对应着深部花岗岩基

深部与浅部地质现象之间是经常存在着某种联系的。本区环形影象的广泛发育, 就是因为存在一条隐伏的岩基。早在60年代初期, 人们就已经查明西华山—漂塘一带存在一条 30° 走向的燕山期隐伏花岗岩基, 其顶面标高500~600米, 岩基表面起伏不平, 总体上向东北方向倾斜, 并在木梓园附近逐渐分出两支上隆的岩脊, 东支从丫山经阿婆脚、罗坑至鸭子脑, 西支从木梓园经大龙山到棕树坑**。本区的环形影象正是出现于这一岩基的上方, 两者在空间上形成协调一致的关系。

系, 一级环体带与岩基的展布范围及展布方向完全一致, 次级环体带则对应着两支上隆的岩脊, 并且由于两支岩脊顶面背景深度抬得较高, 一般为0~200米, 因而环体较多, 有6、7、14、15及16号环; 而东支岩脊上隆较少, 其顶面背景深度一般在-300~0米间, 因而环体较少, 仅见8、9及12号环。由此证明, 环形影象是深部岩基上凸岩峰的地面显示, 通过研究环形影象可以大体确定隐伏岩基表面的起伏情况。根据过去资料, 西华山—漂塘隐伏岩基在棕树坑—鸭子脑以北有继续下插的趋势, 但从环形影象的出现频率来看, 在龟子背、西湖及杨眉寺一带不但没有减弱, 反而极为密集, 可见该岩基在此复而急剧抬升。

综上所述, 环形影象的穹窿地貌、热接触变质晕的存在以及它们总是处于燕山期优势断裂结点附近并沿这些断裂串列分布等一系列现象, 不但是互为联系的, 而且可与已知的成矿花岗岩体的相应特征类比。这就足以证明, 本区环形影象是燕山期隐伏花岗岩体的热—动力作用的综合表征, 它们在遥感图象中的色、形异常正是接触变质带、地貌穹窿等综合因素形成的电磁辐射异常。

西—杨地区环形影象与脉钨矿床的关系

本区环形影象与脉钨矿床的关系极为密切, 这表现在脉钨矿床环绕环体边缘分布, 也体现于许多环体与钨、锡重砂晕重叠或相靠很近。

西—杨地区脉钨矿床多而富, 它们在空间上

** 江西省地质局综合队、909队等, 1966年江西省大余县木梓园区域地质特征及钨矿分布规律(报告)。

大多都与环形影象密切相关。从总体分布上看,全区有80%的矿床(点)落在环体边缘1公里内,其中60%位于环体内缘,40%位于环体外缘。例如,西华山一带虽然是个裸露的复式岩体,但遥感信息却显示两个环,一个在西华山,一个在生龙口,而沿着这两个环的内缘有西华山、荡坪及生龙口三处重要矿床,在其外缘还有一些矿点。再如6、7、9、12及20号环(图4),地表均无花岗岩出露,但在这些环体的内外边缘却有一些矿脉(脉带)产出,它们的矿化中心部位离环体边界的平均距离为530米左右。由此可见,环体内、外边缘1公里是脉钨矿床最好的成矿部位。

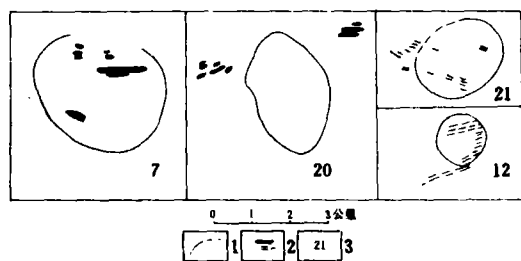


图4 西—杨地区7、20、21和12号环与钨矿关系略图

1—环体边界; 2—钨矿脉带或矿脉; 3—环的编号

环形影象与钨、锡重砂晕的密切关系从另一侧面揭示了环对钨矿床的控制作用。在全区的环形影象中,与重砂晕大面积重叠的占41%,部分重叠的占15%,也就是说半数以上的环都与重砂晕重叠。地形特征显示,当环与重砂晕处于同一水系时,环体通常偏于源头,而扩散晕则偏向下游,说明钨、锡重矿物来自环体。

环体的规模对于矿床的产出位置似有影响,直径在3公里以上的环,矿床同时出现于它的内、外边缘,而直径小于3公里的则多在一侧见矿。不论环的规模大小,矿床都很少出现于它的中央。

上述事实说明,环形影象对于脉钨矿床的控制作用是极为明显的。但是,由于环形影象首先受到本区某些断裂的控制,因此钨矿在环缘的产出位置又往往与断裂有关。一般说来,它们主要出现环体与北北东及北西向断裂相交切的环境部位。

利用环形影象圈定钨的找矿远景区

西—杨地区脉钨矿床产出的构造背景是比较均一的。因为它们的赋矿地层一致,主要是组成基底褶皱的震旦—寒武系;主导性控矿构造也一致,同是北北东(30°)断裂系或局部有北东(50°)断裂系。在这种同一的地层—构造背景中,成矿花岗岩的存在与否便成为钨矿成生的决定性因素。因此,钨矿预测的关键环节便是寻找和确定隐伏花岗岩体的具体位置。现有的资料表明,本区与脉钨矿床相关的花岗岩体,不管是裸露的还是隐伏的,都是与深部一个北北东(30°)方向的大岩基相连接的,证明了该区存在一个象梅友松在南岭及其他地区研究过的那种“古中间岩浆室”,只不过在本区埋藏浅些罢了。这样,我们就可以通过研究这种决定区域成矿的“古中间岩浆室”的上伸岩峰来确定具体的找矿远景区。

既然有依据证明环形影象由岩体所引起,因此在无表露岩体的场合下,把环体作为隐伏岩体顶面的地面投影是适宜的。再考虑到环缘控矿的普遍现象,我们就有理由把包括环体外缘1公里在内的每一个环状地块作为钨的找矿远景地段——相当于通常所说的矿田。

根据环形影象的发育特征,结合地质资料分析,本区深部的花岗岩基存在多处上凸的岩峰区,除西华山岩体以外,如大龙山区,有6、7、14、15号环,呈北北东向串列;左拔区,有10、12、13、16、17等5个环,明显地呈北西(300°)排列。这些岩峰区几乎均为本区主要矿床(点)的所在地,区内大部分环体有接触变质岩石及钨、锡重砂晕相伴出现,并且主要循着正交的北北东及北西向两组断裂分布。这些岩峰区显然为本区良好的找矿远景区,而远景区内范围更小的各个环体包括外缘1公里的环状地块,为远景地段。

以往人们多把注意力放在西华山—漂塘一带,这无疑是正确的。但笔者认为,由于左拔以北,西华山西南一带下伏岩基的上隆,致使环形影象密集发育,对于寻找隐伏矿床极为有利。

此项工作,得到杨明桂、吴永乐、李崇佑工程师的支持与帮助,在此表示谢意。