

满洲里地区大型—超大型矿床遥感影像模式研究*

陈 圣 波

(长春科技大学 长春 130026)

摘 要 应用遥感技术在大范围内预测超大型矿床尚处于探索之中。本文通过对遥感、航磁、重力、伽玛能谱等多元地学信息的综合处理,提取形成大型—超大型矿床的地质特征信息,即岩性、构造、蚀变带。在此基础上,重点将同一成矿带上的中国满洲里地区与俄罗斯、蒙古邻区的五个已知大型—超大型矿床的遥感地质特征进行对比,分析其控矿因素,建立了遥感影像模式,提出7个找矿远景预测区。

关键词 超大型矿床,多元地学信息,蚀变信息,遥感影像模式

超大型矿床(Superlarge Mineral Deposit)是1987年由国际地球物理与大地测量联合会(IUGG)所建议的,在当前需要开展国际多学科综合研究的12个课题之一“Global back-ground of superlarge mineral deposits”(超大型矿床的全球背景)中提出的。超大型矿床带来巨大的经济效益和社会效益是任何矿床无所比拟的,在今后全球范围内一定会形成研究高潮^[1]。如何应用遥感技术在大范围内寻找和预测超大型矿床尚处于探索之中。本文在充分对比研究区及邻区已知大型—超大型矿床遥感地质特征的基础上,建立了大型—超大型矿床的遥感影像模式,并进行矿产预测。

1 区域地质概况

研究区位于中国与俄罗斯、蒙古接壤的满洲里地区,面积约15000km²,是一个有多种超大型矿床的密集区,至今本区及邻区已发现11个不同等级的超大型矿床。

满洲里地区位于西伯利亚板块与华北板块之间,属于蒙古—兴安造山带,是中亚—蒙古巨型构造带的东段。区内出露的地层有由元古代(Pt_{1-2j}, Pt_{3e})绿片岩、石英砂岩、大理岩等组成的结晶基底,大片分布的是中生代(J_{2n}, J_{3t}, J_{3m}, K_{1s}, K_{1y}, K_{1d})巨厚的火山岩地层,其中夹部分火山—沉积岩和沉积岩。区内岩浆活动极为频繁、分布广泛,并具有多期次、多

阶段、多旋回和先喷发后侵入的特点,岩浆岩从超基性到酸性都有发育。中生代火山喷发活动最为强烈,区内大多数矿床均与中生代火山—岩浆岩活动有关、成因相似。区内地质构造复杂、断裂系统发育,其中NE向德尔布干断裂带一直制约着区域断裂、岩浆活动及沉积成岩作用,沿NNE30°方向构造控制了火山活动和以后的成矿环境,为超大型矿床的形成创造良好的条件。

2 大型—超大型矿床专题特征信息提取

研究区勘探程度差、地面覆盖广泛,采用以遥感信息为主的多元地学信息综合处理,提取预测大型—超大型矿床的专题特征信息,如岩性、线环构造、蚀变岩(带)等。在目视解译的基础上,考虑到与成矿、控矿有关的地质现象^[2],选择两个矿区作为子区,分别对其TM各波段数据进行统计分析,参照对比其他地区。分析结果表明,两子区内TM5图像信息量最丰富,独立性强,其次是TM7,虽然它们之间的信息重叠大,但考虑到TM7对蚀变岩有较好的鉴别能力,因而这两个波段是图像处理中不可缺少的。另外还对遥感图像进行了比值分析、主成分分析、滤波增强等。同时,结合物化探数据(航磁、重力、伽玛能谱)的图像处理,如阴影浮雕,主成分分析、比值分析等^[3],以增强或提取地质专题特征。

* 国家攀登计划项目A30-10资助。

收稿日期:1997-04-03;收到修改稿日期:1997-10-15

2.1 岩性信息

工作中以 1:20 万 TM7,5,3 假彩色合成图像为基础,并结合其他组合波段和物化探图像特征,区分出几类与成矿有关的岩类组合。尤其是海西期、燕山期花岗岩,上库力组、塔木兰沟组火山岩在物化探影像图上特征明显,如红黄色或浅色显示正异常磁场区和重力高区,蓝绿色或深色显示负异常磁场区和重力低区,而塔木兰沟组火山岩、海西期花岗岩为正磁异常,上库力组火山岩为负磁异常。它们与区内已知矿床有着不可分割的时空依赖关系,对本区矿产预测意义重大。

2.2 构造信息

构造信息主要表现为线性、环形构造特征,是形成本区各类超大型矿床最主要因素,搞清它们间的相互关系及其时空展布规律,对已知矿床特征的分析成矿预测,尤为重要。通过遥感图像处理,如比值分析,主成分分析,滤波增强等可突出有关信息。我们采用被增强两侧数值差异较大的 3×3 模板,对 TM7,5,4 假彩色合成图像进行定向处理,增强了 NE、NW 向构造,并证实 NW 向构造大多切割 NE 构造(图版 I 图 1)。另外,主成分分析,比值分析也增强了线性、环形构造。同时,我们也注重物化探图像处理来提取构造信息。在重力阴影浮雕图像上可以显示出不同方向的线性构造,并证实 NNE 向构造切割 NE 向构造。不同高度的延拓资料,所成的主成分组合图像清楚地揭示

出研究区内不同深度的断裂构造及隐伏岩体的形态。物化探影像图上的色调环或灰度环对应遥感图像上的环形构造,组成环形构造内外不同的色调(彩)指示组成环形构造的岩性差异,进一步证实岩浆环内多期次岩浆侵入。利用伽玛能谱中的 Th / K 比值图像,可压制岩性、植被的影响,从地球化学场的角度展示了区内的地质构造特征,弥补遥感信息的不足。

此外,在对多元信息处理图像构造解译的基础上,并结合全区断裂构造(据 1:20 万区域地质调查报告)的统计特征,即方位—频数、长度—频数、二维直方图和方位—长度—频数三维直方图的分析,表明研究区内发育 6 组断裂,即 NE、NNE、NEE、EW、SN、NW 向断裂。从它们的空间配置关系及其控岩控盆特征并结合本区的物化探资料和野外地质验证,确定本区在漫长的地质时期形成和发展着 3 个独立的断裂构造系统:NE 向断裂系统、NNE 向断裂系统、EW 向断裂系统。

遥感及物化探影像分析证实,区内有 4 个均匀分布的环形构造汇集区。同时为比较各环形构造的相似性,运用已知含矿环形构造对比成矿意义尚待研究的环形构造,我们计算了重点环形构造的分维值,表明分维值不同的环形构造具有不同的成因归属,这种差异与含矿性直接相关,而同一类分维值大小差异可能与岩体侵位深度相关^[4]。

2.3 蚀变信息

区内已知矿床多为热液和斑岩型的,岩石蚀变

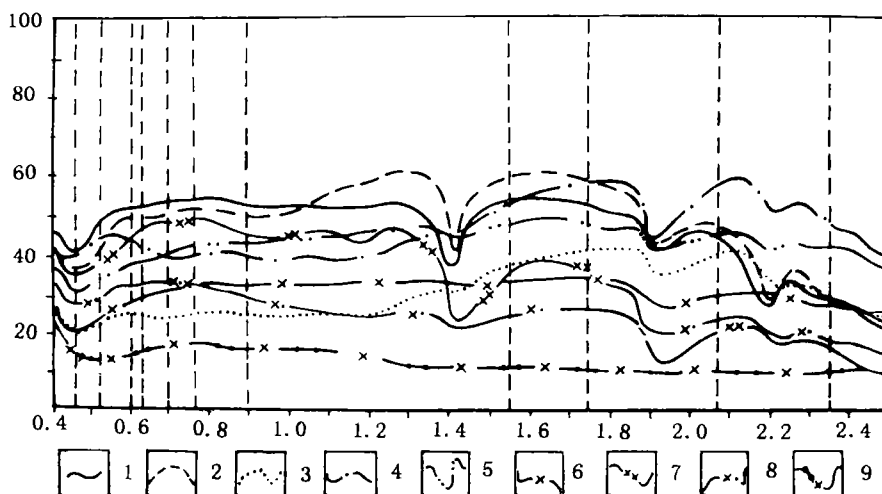


图 2 研究区内典型蚀变岩石的反射光谱曲线(据曹宏经,1995)

Fig.2 Reflectance of some typical rock samples on the study area

1. 含 Cu、Mn 高岭石化花岗岩; 2. 高岭石化花岗碎裂岩; 3. 水云母化、绿泥石化粗面英安岩(近矿蚀变); 4. 强水云母化凝灰角砾岩;
5. 高岭石化熔结凝灰岩; 6. 弱绢云母化、高岭石化粗面安山岩; 7. 蒙脱石化霏细岩; 8. 弱水云母化和碳酸盐化玄武岩(近矿蚀变)

十分发育, 蚀变岩石是重要的找矿标志, 蚀变带信息的提取是遥感找矿的主要手段之一。图 2 是研究区内典型蚀变岩石的反射光谱曲线。

分析波谱曲线, 蚀变岩在 TM7 波段范围内都有一个吸收谷, 在 TM5 波段内都有一个反射峰, TM5/TM7 能有效地增强这些蚀变信息; 另外, 蚀变岩曲线在 TM1 波段范围内反射率曲线上升, 与未蚀变岩正好相反, 在 TM4 波段范围内下降。水云母化、碳酸盐化在 TM3 波段范围内反射率曲线开始下降, 因此, 研究区内 TM5/TM4 能增强高岭石化、蒙脱石化, TM5/TM3 能增强水云母化, TM1/TM4 也能有效增强蚀变信息。同时, 分别计算两个子区内波段组合的 OIF 值, 其中乌山—灵泉子区 (TM7, TM5, TM4)、(TM5 / TM7, TM5 / TM4, TM1 / TM4), 甲查子区 (TM5, TM3, TM1)、(TM5 / TM7, TM5 / TM4, TM3 / TM4) 合成的 OIF 值较大。二者结合, 对比选择乌山—灵泉子区 (TM7, TM5, TM4)、甲查子区 (TM5 / TM7, TM5 / TM4, TM3 / TM4) 的波段组合, 能有效地突出蚀变信息 (如图版 I 图 3, 图 4)。

以此为依据, 在对全区图像处理的基础上, 选择重点地区 512 × 512 像元图像处理效果更好, 其蚀变信息特征呈带状分布, 总体沿 NE50° 方向展布, 本区大多数矿床都位于该带内。局部条带状蚀变信息多沿张性构造带展布, 如 NW 向断裂, 代表了蚀变热液后期充填的结果, 沿 NEE 向压扭性构造分布的蚀变信息是热液运移的通道。团块状蚀变信息多分布在几组构造交汇部位, 受 SN 或 NNE 向构造的限制, 常常指示了矿床的位置, 并被环形构造所圈闭, 这种空间依存关系说明环形构造对矿床的控制作用。

3 研究区及邻区典型大型—超大型矿床的遥感地质特征

为充分对比本区与邻区大型—超大型矿床的遥感地质特征, 分析其控矿因素, 本次工作中收集、分析了本区及邻区 5 个大型—超大型矿床的遥感地质特征。

3.1 中国乌奴格吐超大型铜钼矿床

矿区位于 NE 向巨大火山活动带内 NW 向断裂控制的相对隆起区。矿床位于一中型环形构造内, 矿体形态为爆破岩筒和脉状, 为一古火山机构, 并受 NNE 向、NEE 向断裂限制, 燕山晚期次火山岩充填。在遥感图像上提取的橙黄色面状蚀变信息总体长轴

方向为 NEE 向。后期 EW 向构造破坏了矿体的连续性, 使其分为南北两个矿段, 东西向的差异性升降使南段剥蚀殆尽 (图 5, 图版 I 图 3)。

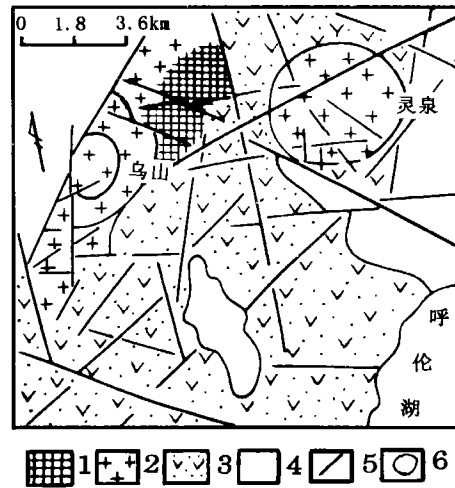


图 5 乌山灵泉地区遥感地质解译图

Fig.5 Interpretation map of remote sensing geology in Wushan-Linquan area

- 1. 前中生代基底; 2. 岩浆岩体; 3. 中生代火山岩;
- 4. 新生代沉积; 5. 线性构造; 6. 环形构造

3.2 中国甲—查大型银 (铅、锌) 矿床

矿区位于中蒙古—东后贝加尔火山活动带内 NW 向断裂控制的相对隆起区。燕山晚期侵入一套中酸性次火山杂岩。在处理的遥感图像上, 矿区位于一大环形构造内, 边缘叠加小的寄生环, 总体受 NE、NW 向构造控制, 内部套合的小环正好是甲乌拉、查干布拉根矿的位置。两矿位于橙黄色蚀变环内, 由 NEE 向红褐色蚀变带连为一体。矿体为脉状,

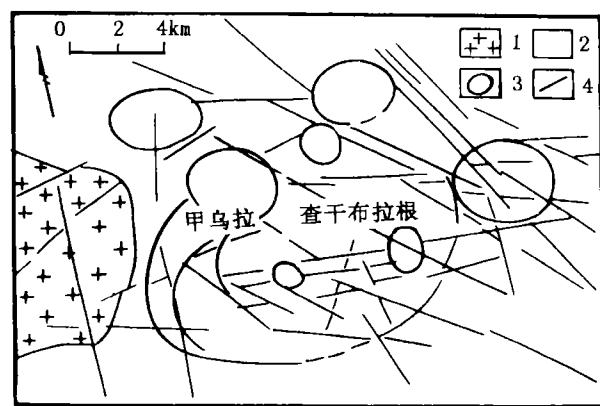


图 6 甲查矿区遥感地质示意图

Fig.6 Interpretation map of remote sensing geology in Jiawula-chagan

- 1. 花岗岩; 2. 中生代火山岩; 3. 环形构造; 4. 线性构造

由放射状断裂、环状断裂、NW 向、NNE 向、SN 向断裂控制,整体受 NEE 向构造破碎带控制,后期经 EW 向构造改造,使 NEE 向构造进一步地活化,矿体富集(图 6,图版 I 图 4)。

3.3 俄罗斯斯特列措夫超大型铀矿田

矿田位于一巨型环形构造内,即土卢圭火山洼地,内部叠加小型环形构造,直接控制矿床的位置,NE 向、NW 向线性构造控制了矿田的形成,矿田内蚀变带总体呈 NEE 向展布,张性 NW 向、SN 向断裂(矿田内发育)与 NEE 向断裂的结点往往是火山通道,或是铀矿床的定位场所,矿田中最大铀矿床就位于其中的两个破火山口内,矿床都位于一主要 NNE 断裂的一侧(图 7)。

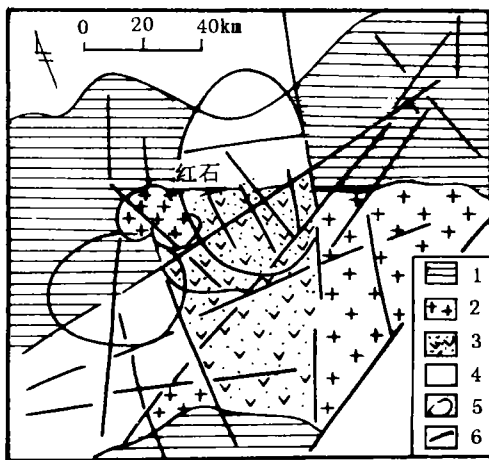


图 7 斯特列措夫矿田遥感地质解译图

Fig.7 Interpretation map of remote sensing geology in streltsov mine field

- 1. 前晚中生代变质岩; 2. 花岗岩(Pz); 3. 火山岩(J₂₊₃);
- 4. 沉积岩盖层(K_i); 5. 环形构造; 6. 线性构造

3.4 蒙古查夫铅、锌(银)大型矿床

矿床与甲一查矿床位于同一 NW 向木哈尔成矿亚带内的相对隆起区。矿床所在的楚布拉乌拉中型环体,同时叠加数个小型环体,直接对应于火山岩株,并受控于 NEE 向蚀变带和 NNE 向断裂。矿体为脉状、细脉状,受控于环体内 NW 向、SNN 向、SN 向陡倾裂隙带(图 8)。

3.5 蒙古多尔诺特超大型铀—多金属矿床

矿区位于蒙古东北部,与斯特列措夫超大型铀矿田位于同一 NE 向火山岩成矿带内。矿体位于一大型环形构造内,同时叠加数个小型环体,对应于其

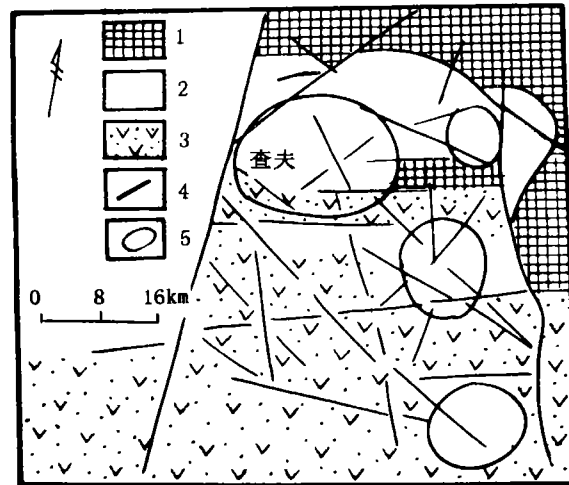


图 8 查夫矿床遥感地质解译

Fig.8 Interpretation map of remote sensing geology in chav mine

- 1. 前中生代基底杂岩; 2. 浅成侵入岩体;
- 3. 中生代火山岩; 4. 线性构造; 5. 环形构造

内的火山洼地,其中 3 个火山构造单元,即多尔诺特、乌兰、吐尔干富矿。大环主体由 NE、NW 向构造联合控制。在遥感图像上,NEE 向白色构造蚀变岩带穿过本区,与成矿有关。多尔诺特铀矿体为细脉状,受 NNE、NEE、SN、NW 向构造控制,同时又受 NNE 向构造的限制,层间构造带控制似层状矿体。乌兰多金属矿受隐爆角砾岩筒控制,位于乌兰山相对隆起区或者是火山洼地边缘(图 9)。

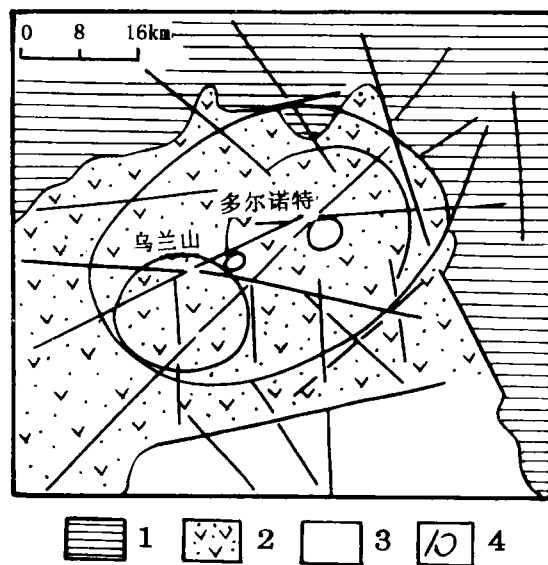


图 9 多尔诺特矿田遥感地质解译图

Fig.9 Interpretation map of remote sensing geology in Dornot mine field

- 1. 基底岩石; 2. 火山岩;
- 3. 白垩纪沉积岩; 4. 线环构造

4 控矿因素分析

典型大型—超大型矿床遥感地质特征对比发现,控制本区及邻区大型—超大型矿床的遥感地质因素表现在以下几个方面:

4.1 线环构造

本区及邻区矿床与环形构造关系极为密切。已知所有大型—超大型矿床都位于一个大型或中型的环形构造内,如斯特列措夫矿田都位于土卢圭火山洼地内。背景环内叠加的小环,表现为火山机构和次火山岩株,直接确定矿床的位置,如甲乌拉矿多位于火山机构内,查夫矿则明显受控于次火山岩株。含矿小环的地貌特片与矿床类型关系密切,相对隆起的正地形与多金属矿床、负地形与铀矿床相对应,如乌兰多金属矿位于多尔诺特火山洼地内乌兰山相对隆起区,其他铀矿则位于相对凹陷地区。

矿床又明显受控于线性构造。各已知矿床所在背景环都受 NE、NW 向构造的控制,如红石火山洼地、甲查矿区、多尔诺特;或者受 NNE 与 NEE 向构造的控制,如乌山、查夫矿区。具体各矿床都受 NEE 向挤压带的限制,如斯特列措夫所有矿床都位于隐伏的 NEE 向构造蚀变岩带内,甲查矿床都位于 NEE 向破碎蚀变带内,同样乌山、查夫、多尔诺特矿床也受 NEE 向构造的限制。另外,矿体又受张性构造控制,主要有 NW 向、SN 向、NNE 向断裂和放射状、环状裂隙。如乌山,乌兰矿位于环状爆破岩筒内,甲乌拉矿体受 NW 向、SN 向断裂及放射状裂隙等的控制。而 EW 向构造多对已知矿体起着改造、破坏性作用,如乌山矿内 EW 向构造破坏矿体的连续性,使南段剥蚀殆尽;甲查矿区、查夫矿内 EW 向构造对矿床的富集起着改造性作用。

4.2 岩浆作用

研究区位于近额尔古纳—中蒙及大兴安岭火山—岩浆岩带交汇处。本区及邻区已知矿区都有海西、燕山多期次岩浆侵入,其中多数为伴随火山喷发的各种成分的次火山斑岩,直接为含矿母岩,其形成时代与成矿时代一致。如乌山矿床内的次二长花岗斑岩,多尔诺特矿田内的长石英斑岩等。区内火山岩可与蒙、俄邻区火山岩地层对比,其中塔木兰沟组(J₃t)火山岩与成矿元素都来自上地幔。

4.3 前中生代基底

前中生代基底岩石包括中晚元古代佳疙瘩群中的绿片岩和晚元古代额尔古纳河群中的大理岩、结晶灰岩以及前中生代的花岗岩类等。已知控制超大型矿床的背景环周围都有前中生代杂岩构成基底,如查夫矿床周围前中生代基底杂岩包括花岗岩、片麻岩、大理岩化灰岩;斯特列措夫铀矿田中的阿尔贡矿床位于花岗岩与大理岩的接触带内。其中花岗岩均具壳源重熔特征,为形成超大型矿床提供矿源。

5 遥感影像模式

已知矿床遥感影像模式的建立是在成矿地质因素遥感信息解译、分析及典型矿床解剖研究和矿化蚀变分布规律认识的基础上建立的^[5]。即根据矿田构造的主要型式、结合遥感图像上色、线、环组合影像标志,初步归纳总结出本区及邻区典型大型—超大型矿床构造的遥感影像模式(图 10)。

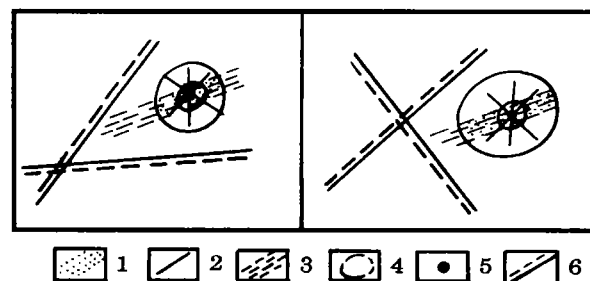


图 10 大型—超大型矿床遥感影像模式图

Fig.10 The remote sensing image pattern map of Large-superlarge mineral deposits

1. 近矿蚀变信息; 2. 线性构造; 3. 构造蚀变岩带;
4. 环形构造; 5. 矿床; 6. 区域构造

遥感影像模式中,区域性 NE、NW 或 NNE、NEE 向构造多期次活动,增大了地壳的渗透性,不但给岩浆上涌,而且也强大的地幔热流上升提供良好通道。前者形成海西期背景环,后者控制燕山期背景环,它们多表现为火山塌陷盆地,地形低洼,为矿床富集、保存,免于剥蚀创造条件,这是研究区内形成大型—超大型矿床的前提条件。后期 NEE 向压扭性构造沟通、活化早期构造,斜穿背景环,为地幔热流上涌、重熔,提供运移空间,这样带入地壳表层大量幔源成矿物质,也活化了基底中的成矿物质,因而矿体都受 NEE 向构造限制,表现为破碎蚀变岩带和物探异常过渡带。背景环内 NEE 向近矿蚀变多为高岭石化、水云母化、绿泥石化、绢云母化、碳酸岩化等;

背景环外远矿蚀变类型为硅化、钾长石化,并有方解石脉穿插。含矿岩浆在背景环内或边缘侵入喷发,从而叠加一些小环形构造,表现为火山机构或次火山岩株,直接定位矿床。在此基础上形成的一系列张性构造,如NW向、NNE向、SN向次级断裂和放射状、环状断裂等,直接为容矿构造,矿体都位于这些构造内。

6 找矿远景分析

根据研究区内线环构造的分布型式,以已知矿床的遥感影像模式为指导,同时结合该区的蚀变信息特征、岩浆活动因素、岩性地层条件、物化探异常特征等多元信息,初步总结出本区多元信息综合预测图,并提出7个找矿远景区:灵泉、查干陶勒盖、哈拉胜、大坝、大青山、塔尔巴格特、查干楚鲁。其中灵泉、大青山预测区特征更明显,为重点预测区,野外

验证均见蚀变,大青山远景区已开始勘探。

参 考 文 献

- 1 涂光炽. 超大型矿床控寻与研究的若干进展. 地学前缘, 1994, 4.
- 2 赵英时, 杨忆, 谭海樵等. 大别山北缘地质找矿中遥感方法的研究. 环境遥感, 1994, 9 (1)
- 3 高淑惠, 曹宏经. 多源地学信息综合处理技术研究. 环境遥感, 1995, 10 (1).
- 4 何国金, 薛重生. 遥感地质学中若干问题的分形研究. 国土资源遥感, 1993, 8 (3).
- 5 罗富生, 崔振奎, 徐双等. 金矿床遥感影像模式及证据权重法在找矿预测中的应用. 国土资源遥感, 1994, (4).

作 者 简 介

陈圣波, 男, 1967年9月生, 讲师, 在读博士, 毕业于长春科技大学。现从事遥感与地理信息系统的应用研究。已发表论文3篇, 参加出版教材1本。

Study on the Remote Sensing Image Patterns for Large-Superlarge Mineral Deposits in Manzhouli Area

Chen Shengbo

(Changchun University of Science and Technology, 130026)

Abstract The paper is to study the prospective superlarge mineral deposits with remote sensing. Based on geological interpretation and analysis of the processed TM images, magnetic, gravity and r-merge spectrum data, extraction of thematic information of geological features is conducted on three aspects: rock, structure and alteration zone. By comparing the remote sensing geological features of five large or superlarge mineral deposits located in the same metallogenic belt in Manzhouli of China, Russia and Mongolia, and analysing their ore-controlling factors and prospecting criteria, their remote sensing image patterns are established. Finally, guided by remote sensing image patterns, seven prospective locations of large or superlarge mineral deposits are delineated.

Key words Superlarge mineral deposits, Alteration information, Multi-source geological information, Remote sensing image pattern