

④

20-24,
36

辽南金矿集中区成矿地质异常分析及成矿预测

f618.570.5
f618.510.2

吕贻峰 魏俊浩
(中国地质大学·武汉·430074)

从控制金矿形成过程中不同地质异常类型形成背景分析入手,研究了辽南金矿区域成矿条件、控矿因素及找矿标志,选择特征分析法进行定量成矿预测,成功地圈定了成矿远景区。

关键词 辽南地区 地质异常 成矿预测

辽南金矿集中区位于华北地台北缘的东段,其地质结构、构造类型、成矿条件和成矿类型与西段有很大差别。该区具有广泛分布的含金岩系,即太古界鞍山群含金绿色岩系和下元古界辽河群含金浅变质岩系,并在长期多期次构造演化过程中沿特殊构造岩性地段形成金的地球化学异常,特别是中生代强烈的构造—岩浆活动地层中金的活化迁移并在一定部位聚集形成大矿创造了极为有利的条件。五龙、四道沟、新房等大型金矿的形成足以证明辽南地区具有巨大的成矿能力和找矿远景。

1 成矿地质异常形成背景分析

1.1 壳幔结构异常

位于华北地台东段的辽东地块具典型的地台型二元结构,由太古界鞍山群、下元古界辽河群构成双基底,上元古界和古生界组成沉积盖层。根据重磁异常特征,基底构造可分为4个次级构造单元^[1]。从北向南依次为:(1)铁岭—靖宇隆起;(2)浑河—太子河拗陷带;(3)营口—宽甸隆起带;(4)复洲拗陷带(图1)。在其中的营口—宽甸隆起带上,于早元古代形成近EW向拗拉槽,接受了一套下元古界火山沉积建造,代表一种岩石圈活化的大陆裂谷或发育不全的地幔活化裂谷环境,构成辽东地区一条重要的成矿异常带。

与辽东地块地壳上部的拗陷带和隆起带

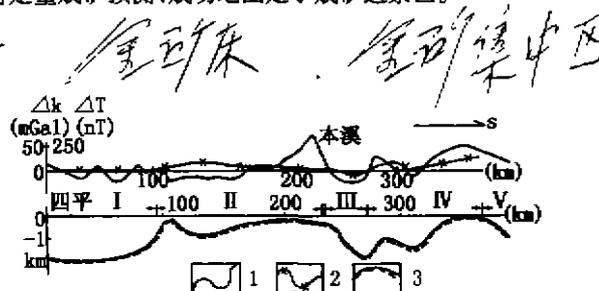


图1 辽东地块重磁反演基底起伏剖面图
(据王官福等,1992)

I—地槽区; II—铁岭—靖宇隆起; III—浑河—太子河拗陷带; IV—营口—宽甸隆起; V—复洲拗陷带;
1—航磁化极异常; 2—布格重力异常; 3—基底上层面对应的深部构造

相对应的深部构造主要表现为幔隆和幔拗带。在辽南地区出现两条比较明显的NE向幔隆和幔拗带,即北侧的千山幔拗带和南侧的庄河—丹东幔隆带(图2)。在幔拗和幔隆

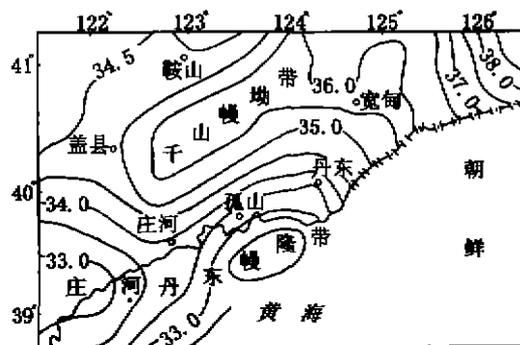


图2 辽南地区莫氏面等深线图

的过渡部位,即向NW方向倾斜的幔坡带是地壳上部隆起带和拗陷带的接合部,是世界深大断裂集中发育的地带,构成壳幔结构体系中的异常地带,也是岩浆热液活动的中心,

本文1997年4月收到,文元亮编辑。

控制着各种矿产的形成和分布,丹东—庄河一带的大型金矿如五龙、四道沟、新房等金矿均位于这一异常地带内。

1.2 地层异常

辽南地区地层分布比较齐全,从太古界到中生界均有出露,但金矿中绝大部分仅与基底变质岩系有关,其中主要与下元古界辽河群具密切的空间分布关系,如四道沟、猫岭、岫岩金矿等;部分金矿产出在太古界鞍山群含金绿色岩系中,如庄河新房金矿。

辽南地区鞍山群主要为太古界绿色片岩相上壳岩,其岩性为绿片岩、变粒岩、片麻岩和磁铁石英岩;花岗质岩石为奥长花岗岩、钾长花岗岩和云英闪长岩,即 TTG 系列。与胶东群和太华群相比,鞍山群属于地台型绿岩带,在理论上对金矿形成不是十分有利。但中国的绿岩型金矿属于显生宙活化成矿,绿岩带的变质程度高低似乎对成矿的影响不大。虽然鞍山群平均金含量仅为 3×10^{-9} 左右,但在经过多次构造变形和剪切作用过程中可使其活化迁移,在某些特殊的构造部位局部富集,如韧性剪切带等,成为有利于成矿的构造岩性异常区段。

下元古界辽河群仅在辽南地区分布,是华北地台北缘出露最完整的一套下元古界岩石建造,位于营口—宽甸 EW 向隆起带上。辽河群形成之后至少经历了两次较强的区域变形变质作用。一次是在 EW 向压缩体制下形成早期褶皱过程中,由于挤压、剪切、缩短,使该套地层经历不同程度的变质作用。之后该区发生韧性伸展滑脱,造成多层次层间剪切滑动,形成不同层次不同程度的构造变质相。下部里尔峪组、高家峪组为条带状石英糜棱岩,上部大石桥组碳酸盐岩为变晶糜棱岩,盖县组多为黑云绿泥片岩,并普遍出现应变滑劈理。在多层次构造剪切滑动过程中,随剪切应变强度的差异,金元素从下部强应变变质带向上部相对较弱的应变带迁移,造成上部地层金含量相对增高,成为重要的成

矿物质来源,是辽河群中最有利于成矿的异常层位。

表1 辽南地区辽河群金含量 $\times 10^{-9}$

地 层	盖县组	大石桥组	高家峪组	里尔峪组
Au 平均含量	6.05	1.00	1.75	1.18

(据倪培等,1993)

1.3 构造异常

根据对辽南地区基底和盖层岩系中发育的不同构造样式的分析,比较和构造世代相对时序的建立,辽南地区在地质时期先后经历了4次大的构造变动,可相对划分出四大构造旋回:鞍山旋回、辽河旋回(吕梁旋回)、印支旋回和燕山旋回,其中后三大构造旋回对成矿过程影响较大。

辽河旋回中最重要的—次构造变形发生在早元古代末期,在伸展构造体制下,辽河群沿其与鞍山群之间的不整合界面产生近 SN 向的正向韧性滑脱,造成辽河群内广泛的近水平分层韧性剪切作用,使层内发生较为彻底的构造置换,形成一系列层间韧性剪切带、层间或层内掩卧褶皱、构造糜棱岩带和层内拉伸线理等,这种由下而上分层分级的顺层剪切变形变质作用,不仅造成成矿元素局部富集,而且其构造变形带成为后期构造叠加形成层间破碎带的有利空间,有利于含矿热液的活动和矿质沉淀。这次构造变形在下伏鞍山群内形成近水平 SN 向韧性伸展剪切带,出现一系列 A 型褶皱和拉伸线理。

印支构造旋回导致震旦系沉积盖层沿其与基底不整合界面产生逆向剪切滑脱。在震旦系地层中发生强烈褶皱变形,表现为不共轴变形特征。下伏基底岩层以韧性剪切变形为主,糜棱岩发育,并普遍出现蚀变和退变质现象。该类构造在其活动过程中产生构造热能,增强岩石中的热液活动能力,促使变质岩中的 Au 及伴生元素活化,并沿构造变质带构成局部富集带。另外在成矿期构造应力作用下含矿热液沿其构造通道由深向浅部传输,在有利构造扩容带中活动,与构造带围岩发生交代形成构造破碎带蚀变岩型金矿。

燕山旋回是中国东部乃至亚洲东部大陆边缘强烈活动时期,区域构造应力场发生显著改变,由SN向挤压应力改变为SN向直扭力偶作用上的派生应力场,主应力方向由SN向变为NW—SE向。形成一系列叠加于EW向构造带之上的NE—NNE向构造系统,反映了太平洋板块向亚洲大陆俯冲作用过程中的构造变形。燕山旋回可划分为4个构造幕,即早燕山运动、中燕山运动,晚燕山运动和末燕山运动。在辽南地区可以相对划分出4期构造变形,与成矿作用具有密切的关系。

第一期构造变形在地壳表层形成NE向褶皱及其伴生断裂构造。其中规模较大的鸭绿江大断裂和庄—凤大断裂构成辽南地区基本构造格架的主断裂,在区域上控制了大型金矿的形成和分布。该期构造活动在基底变质岩系中表现为一系列规模不等的膝折带,在大面积分布的印支期重熔花岗岩中形成一系列斜冲性质的韧性剪切带,它对脉状矿床的形成和分布起着重要的作用。

第二期构造变形为脆性伸展,导致断陷盆地的形成,并伴随中生代火山喷发和同熔花岗岩侵入,为后期金矿形成提供重要的矿质来源和热动力条件。

第三期构造变形集中发育NNE向脆性断裂,它们控制岩浆期后热液活动和蚀变矿化,是本区最主要的成矿构造。

第四期变形以伸展变形为主,主要表现为大量中酸—中基性岩脉群广泛发育,多呈岩墙状、似层状沿引张裂隙或张性断裂构造侵入。

1.4 岩浆异常

辽东隆起与华北地台北缘中、西两段的最大差别是中生代构造发育,中生代岩浆活动强烈和频繁。华北地台中、西段以EW向构造为主,由于受北侧海西地槽的影响,海西期花岗岩比较发育,特别是海西期长英质碱性杂岩与金矿化的密切关系,已引起国内地质界浓厚的兴趣和普遍的关注。而东部—辽

东地块由于受太平洋板块向欧亚大陆板块俯冲作用的影响,产生以NE—NNE向构造为主的构造格局。NE向构造以逆冲推覆、伸展滑脱为主,NNE向构造以走滑为主,伴随中生代岩浆岩共同组成构造—岩浆岩带。

辽南地区中生代花岗岩类主要有三期:印支期、燕山早期和燕山晚期^[2]。

印支期花岗岩为混合交代—重熔花岗岩,受印支期EW向构造控制,总体呈近EW向展布。岩性主要为中粗粒或片麻状黑云母花岗岩,呈大型岩基状产出,与围岩呈渐变过渡或侵入接触关系。花岗岩普遍遭受韧性剪切变形,定向面理和糜棱岩化作用较强。由于应变不均一,使岩石中金含量分布不均,在强应变带贫化,在弱应变带局部富集,成为后期成矿矿质来源之一,如五龙金矿等。

第二期为燕山早期同熔花岗岩,是一套钙碱性岩浆形成的中酸性侵入岩,主要受NE向和EW向深断裂的复合控制。岩体规模大小不一,金矿主要与小岩株关系密切,如三股流岩株控制五龙、四道沟金矿等。由于该类岩体的源岩性质、结晶分异作用程度及其地球化学性质等均表现出与金矿的密切成因关系,因此是辽南地区最主要的成矿花岗岩。

第三期为燕山晚期的偏碱性花岗岩,出露局限,目前还未发现与之有关的金矿化。

2 成矿预测

2.1 控矿因素与找矿标志

通过前述辽南地区致矿地质异常的特点及时空分布规律,筛分出最为有利的成矿地质因素和找矿标志,从而建立成矿地质模型和找矿模型,作为成矿预测构置地质变量。

2.1.1 控矿地质因素

(1)地层因素:①盖县组地层+构造扩容带;②盖县组地层与燕山早期花岗岩接触带;③残存于花岗岩体中的盖层组地层。

(2)构造因素:①近EW向深断裂与NE向断裂交汇部位;②近EW向伸展与滑脱构

造带;③NE向韧性剪切带及其迭加复合的NE向脆性断裂带;④NNE向断裂及其伴生张性—张扭性构造。

(3)岩浆因素:①在时代上,中生代花岗岩优于其它时代花岗岩;②在岩石类型上,中酸性花岗岩优于其它岩体;③在岩体产状、规模上,岩株优于岩基,更直接控矿的是中酸性脉岩;④在空间位置上,外接触带优于内接触带,最佳的赋矿空间在岩体外围1km~3km范围内。

2.1.2 找矿标志

1)宏观找矿标志

(1)围岩蚀变:黄铁矿化、硅化、绢云母化、钾长石化、绿泥石化、碳酸盐化。其水平分带和蚀变强度变化如图3。

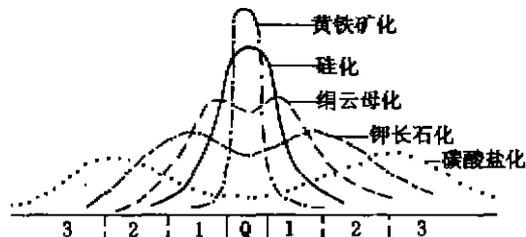


图3 围岩蚀变水平分带强度模型

Q—石英脉;1—硅化、绢云母化蚀变岩;2—钾长石化、绢云母化蚀变岩;3—碳酸盐化蚀变岩

(2)矿化露头:可分为原生露头和氧化露头两类。前者是指出露地表的大脉石英、细网脉石英、黄铁矿化蚀变岩。后者指地表红褐色铁矿化带。

(3)矿化阶段:可划分为4个成矿阶段,其中主要成矿阶段为第Ⅱ阶段的多金属矿化物阶段和第Ⅲ段的自然金辉铋矿阶段。

(4)遥感解译标志:据已知大型金矿类比,控矿构造类型为密集线性构造、套环或线—环交汇构造。

2)微观找矿标志

(1)地球化学标志:选择Au、Cu、Pb、Zn、Sb等元素的地球化学异常为找矿标志。

(2)地球物理标志:选取1/20万航磁异常。

(3)成矿物理化学参数标志:

①成矿温度变化在180℃~300℃之间;②成矿压力在300Pa~540Pa,相当于成矿深度>1km;③成矿流体盐度在2.8wt%~8wt%;④pH值在6.5~7.8。

(4)流体包裹体特征标志:

①包裹体气相成分CO₂的摩尔数大于5%,CH₄摩尔数大于2%,且CO₂含量大于CH₄含量;②包裹体液相成分中,Na⁺摩尔数相对较高,Ca⁺的摩尔数相对较低;③次生包裹体含量一般达到25%以上。

(5)同位素标志:已知金矿的矿体δ¹⁸O值变化范围多在-7.5%~4.2%之间。

2.2 统计预测

根据辽南地区的总体研究程度和资料水平,选择定性标志进行定量预测的特征分析法^[3]。首先在全区划分364个单元,单元面积25km²。选取9个标志,34个标志状态(表2)。通过计算优化选出24个最优特征变量(表3)。

由上述选取的地质变量建立了特征分析预测模型:

$$Y = 0.201X_1 + 0.239X_3 + 0.243X_6 + 0.201X_7 + 0.238X_8 + 0.189X_{10} + 0.189X_{11} + 0.189X_{12} + 0.190X_{13} + 0.169X_{14} + 0.170X_{15} + 0.169X_{16} + 0.169X_{17} + 0.169X_{18} + 0.170X_{19} + 0.169X_{20} + 0.167X_{21} + 0.302X_{22} + 0.169X_{23} + 0.175X_{24} + 0.188X_{25} + 0.189X_{26} + 0.169X_{29} + 0.234X_{33}$$

根据上述特征方程对各单元计算关联度值,结合区域成矿地质特征及已知含矿单元的临界值,确定一级成矿单元临界值为4.30~3.50,二级成矿单元临界值为3.50~2.90,三级成矿单元临界值为2.90~2.30,从而在364个单元中划分出一级成矿单元25个,二级成矿单元18个,三级成矿单元31个。

根据特征分析预测模型计算出各单元的关联值画出平面等值线图(图4)。

从图可以看出,已知金矿床均落在高值异常内,其它几个高值异常区应是成矿有利

表2 变量选取标志状态一览表

围岩	1. 盖县组地层 2. 大石桥组地层
构造	3. EW向断裂 4. NE向脆性断裂 5. NW向脆性断裂
岩石	6. 燕山早期花岗岩 7. 印支期花岗岩 8. 花岗质糜棱岩 9. 蚀变碎裂岩
围岩蚀变	10. 黄铁矿化 11. 硅化 12. 绢云母化 13. 绿泥石化 14. 褐铁矿化 15. 云英石化
地球化学异常	16. Pb地球化学异常 17. Cu地球化学异常 18. Zn地球化学异常 19. Ag地球化学异常 20. Hg地球化学异常 21. Bi地球化学异常 22. Sb地球化学异常 23. As地球化学异常
遥感解译	24. NE向线性构造 25. 环形构造 26. 线-环相交构造 27. 线-线相交构造
航磁异常	28. 磁异常范围 -60 ~ 90 29. ΔT 等值线 NE向低值区 30. ΔT 负异常 NW向低值区
已知矿床	31. 已知矿床
石英脉	32. NE向含硫化物石英脉 33. SN向含硫化物石英脉 34. NW向含硫化物石英脉

地段,成为重点成矿预测区。同时异常区呈带状展布,反映成矿带呈 NE、EW 向方向,与其控制构造 NE 向和 EW 向构造带相一致。

表3 最优地质变量特征值

编号	变量号	标志状态	特征值
1	1	盖县组地层	0.201
2	3	NE向脆性断裂	0.239
3	6	燕山早期花岗岩	0.243
4	7	花岗质糜棱岩	0.201
5	8	蚀变碎裂岩	0.238
6	10	黄铁矿化	0.189
7	11	硅化	0.189
8	12	绿泥石化	0.189
9	13	绢云母化	0.189
10	14	褐铁矿化	0.169
11	15	云英岩化	0.170
12	16	Pb地球化学异常	0.169
13	17	Cu地球化学异常	0.169
14	18	Zn地球化学异常	0.169
15	19	Ag地球化学异常	0.170
16	20	Hg地球化学异常	0.169
17	21	Bi地球化学异常	0.169
18	22	Sb地球化学异常	0.302
19	23	As地球化学异常	0.200
20	24	北东向线性构造	0.175
21	25	环形构造	0.188
22	26	线-环相交构造	0.188
23	29	ΔT 等值线 NE向低值区	0.169
24	33	南北向含硫化物石英脉	0.234

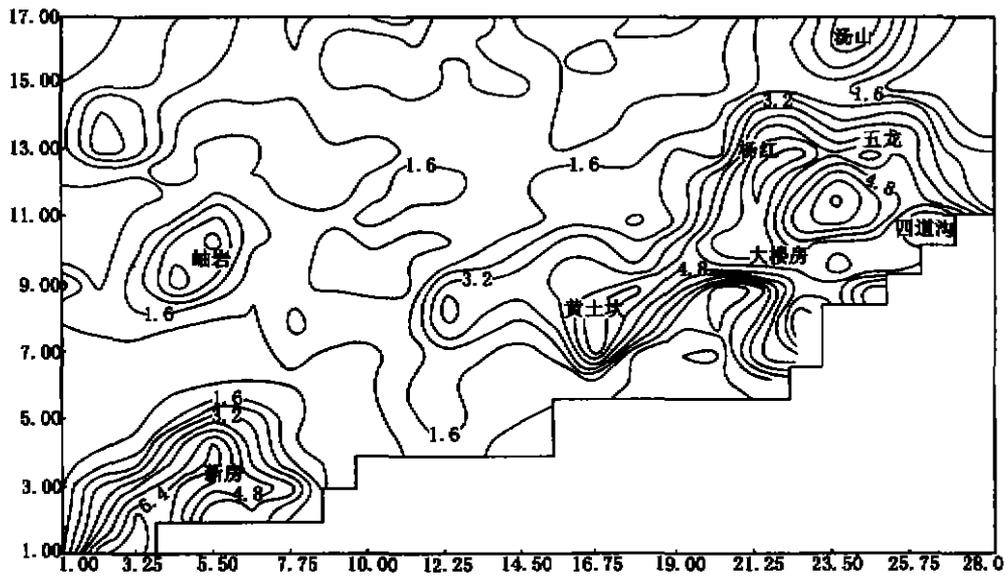


图4 辽南地区成矿单元联度等值线图 (下转 36 页)

很低,但其热释光特征与其他矿化强烈样品一致,高温峰也为 330℃,其原因是该样品位于矿体边缘,是近矿围岩。说明硅化角砾带中岩石与矿体具有相似的热释光特征。从图 1 也可看出,硅化角砾岩带与后期无石英英脉等的热释光完全不一样。

4 总结

从以上热释光特征与矿化关系分析中,可以利用对岩石的热释光测定进行普查找矿。在康家湾矿区,如果能够查明并且圈定

热释光能量为 10^{-3} 级, E 值高,高温峰为 310℃ ~ 340℃ 之间的硅化角砾岩区,则很有可能是有远景的 Pb、Zn 矿床,如果岩石具有两个或两个以上热释峰,则很有可能为 Au、Ag 矿化作用加强。

参考文献

- 1 胡永嘉. 石英的热发光和红外光谱特征及其在找金中的应用. 湖南地质, 1990
- 2 马尔富宁 A AC. 矿物的谱学—发光和辐射中心. 北京: 科学出版社, 1984
- 3 钟文华, 彭明生等. 康家湾铅锌金矿床 Au、Ag 赋存状态及富集规律研究. 湖南地质, 1991

THE CHARACTERISTICS OF NATURAL THERMOLUMINESCENCE OF THE SILICIFIED BRECCIA IN KANGJIWAN AND ITS SIGNIFICANCE TO MINERAL PROSPECTING

Liu Jin, Hu Huancao

Analysis on the natural thermoluminescence of the silicified breccia zone in Kangjiwan exhibits that there exists a close connection between the mineralization and the natural thermoluminescence. Based on it, the prospect areas were outlined.

Key words natural thermoluminescence, silicified breccia zone, mineralization



第一作者简介:

刘 静 女, 1968 年出生。1989 年毕业于中南工业大学地质系地质专业, 1994 年在中南工业大学地质系获岩石学硕士学位。现任中南工业大学建筑工程系讲师。主要从事岩土工程、地基基础等方向的科研与教学工作。

通讯地址: 湖南省长沙市 中南工业大学建筑工程系 邮政编码: 410083

(上接 24 页)

参考文献

- 1 王官福, 张文治. 华北陆台北缘重磁异常的地质解释. 物探与化探, 1992(1)
- 2 姚凤良, 等. 辽南中生代花岗岩演化及其与金矿成因关系, 中国金矿主要类型区域成矿条件文集(4)—辽南地区. 北京: 地质出版社, 1988
- 3 赵鹏大, 等. 矿床统计预测. 北京: 地质出版社, 1983

ANALYSIS ON ORE - FORMING GEOLOGICAL ANOMALY: ONE WAY TO PROGNOSIS FOR GOLD - INTENSIVE AREA IN SOUTHERN LIAONING PROVINCE

Lu Yifeng, Wei Junhao

Based on the analysis of the formation backgrounds for different geological anomalies controlling the gold forming, the paper studies the regional ore - forming conditions, ore - controlling factors and ore - hunting evidence of Southern province, makes use of characteristic analysis for quantitative ore - forming prognosis, and successfully outlines the ore - forming prospect area.

Key words southern Liaoning province, geological anomaly, ore - forming prognosis



第一作者简介:

吕贻峰 男, 1944 年生。1969 年毕业于北京地质学院地层古生物专业。现任中国地质大学(武汉)资源学院教授, 主要从事矿产勘查与矿田构造研究及教学工作。

通讯地址: 武汉市喻家山 中国地质大学资源学院教研室 邮政编码: 430074