## 矿区构造变形岩相形迹填图、 矿化趋势度的实测及其地质找矿

一以胶东玲珑金矿田阜山金矿区为例

吕古贤,郭 涛,刘杜鹃,舒 斌,夏 林,郭初笋,董法先 (中国地质科学院地质力学研究所,北京100081)

摘 要: 以玲珑金矿田阜山金矿区为实测地区,研究了胶东构造岩浆活化区玲珑-焦家式金矿的 矿源岩系,对2km<sup>2</sup>内矿源岩的构造变形岩相形迹进行 1/2000 填图。在此基础上,提出矿化趋势度 (MTD)的概念并完成阜山金矿区矿化趋势度的分布图。矿化趋势度的概念及其填图研究方法对于 探讨将成矿模型转化为找矿模型、逐步建立更具体量化的找矿预测实测方法有重要的参考价值和 应用前景。

关键词: 矿化趋势度;玲珑-焦家式金矿;矿源岩系;构造变形岩相形迹;构造岩浆活化区;胶东地区

中图分类号: P613; P618.51 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2002) 04-0217-08

华北地台中生代强烈构造岩浆活化的事实,为 国内外地质学家所研究及证实(陈国达,1956年;别 洛乌索夫,1965)。我国东部地区大多数原生金矿是 在这一时期形成的,属环太平洋成矿带范围,它是世 界上中生代金矿化最发育的地区之一(裴荣富等, 1990;罗镇宽等,1989;王木清,1989;王秀璋等, 1989)。

## 胶东玲珑-焦家式金矿矿源岩系的 主要特征

自中生代以来,环太平洋大陆边缘至少存在两 期构造-岩浆活动及其相应的成矿带,并且大多数叠 加于较老的不同时代的大地构造单元之上,中国东 部矿床的形成是在前中生代—中生代不断演化中才 得以实现的(李春昱等,1982;郭文魁等,1982;陈国 达,1960;任纪舜,1994)。它们并非受中生代岩浆-构 造或古老沉积岩层位等单一因素控制,而往往在先 期(前中生代)有利成矿的地质环境、地球化学场或 成矿物源的基础上,经过中生代上叠和改造的复杂 过程而发展起来,并随着先期地质特点和后期改造 强度的不同将出现不同的矿化组合型式与分布规律 (裴荣富等,1990)。

笔者在这一地质演化特征的基础上,逐步形成 该区金矿矿源岩系演化序列的概念(吕古贤,1989)。 矿源岩系是成矿物质随着其载体岩石的形成、相变 和形变而断续分散运移、富集和重新分配,直至形成 矿床的这一演变过程和体现这一过程的岩石组合。 根据时间和空间上岩石与形成矿床作用的亲疏远近 程序,将矿源岩系划分为初始矿源岩、中间(衍生)矿 源岩和直接矿源岩组合。矿源岩系是矿源岩序列及 系列的简称,显然,它包含了岩石先后生成的时间次 序,也指的是岩石共生组合的空间秩序(吕古贤, 1991;吕古贤等,1998)。

矿源岩系是相对所指的矿床而言的。对于玲珑-焦家式金矿(吕古贤、孔庆存, 1993)来说,区内以胶 东群为主的前寒武纪变质岩系被划为中间矿源岩, 而其以海底基性火山岩到钙质及泥质粉砂岩为主的 原岩可视为初始矿源岩,主要在中生代形成的三类 交代重熔花岗岩是矿床的直接矿源岩系(杨敏之等, 1996)。在同源矿源岩系的建造基础上,地壳构造体

收稿日期: 2002-04-29;

基金项目:中国地质科学院地质调查项目(DKD 2101028),地质力学研究所与山东招金集团合作项目(30100-39)和国家攀登计划项目 (G1999043214)资助。

作者简介:吕古贤(1949-),男,研究员,博导,从事区域地质地质力学矿田构造研究,近年来深入于构造物理化学这一新的科学研究领域。

制的演化控制成矿环境的变化,胶东玲珑-焦家式金 矿矿源岩系在时间序列上表现出明显的因袭关系和 地质变化过程(表1)。它们同源因袭关系和具体演化 差别的特征在地质地球化学上也有明确的反映(表 2)。

#### 表1 胶东玲珑-焦家式金矿矿源岩系(序)列主要地质演化过程简表

Table 1 The main geological evolution process of ore source series of Linglong-Jiaojia

type gold deposits in Jiaodong area

矿源岩系	大地构造特征	区域地质构造特征	同位素年龄(Ma)及接触关系
直接矿源岩系, 交代重熔花岗 岩	印支-燕山运动强烈陆内构造-岩浆活化阶 段,具优地洼环境特点 在基底上隆及区域扭动条件下,变质岩经交 代深熔重熔发生大面积多期次花岗岩化及岩浆 作用;大陆及边缘断陷盆地发育陆相碎屑、酸性 一中酸性火山岩及火山碎屑岩喷发-沉积建造	中生代地体拼合之后上隆作 用伴有因陆-洋壳差异运动而产生 的区域反钟向扭动 "N"型构造变形岩相型式控 制岩浆、沉积、火山作用及金矿的 形成而成生发展起来	170~70 花岗岩 Rb-Sr 年龄: 154~125,117 A r-Ar 年龄: 164,134, 230~180
	新元古代陆台沉积-盖层阶段,蓬莱群为陆 盆边缘沉积,碳酸盐夹粘土岩、碎屑岩建造 蓬莱运动产生次绿片岩相,之后陆核上升	可以识别出 NWW-NW 走向 的区域劈理、褶劈和小褶曲形成作 用	850
中间(衍生)矿 源岩系,角闪岩 相变质岩	胶东运动 幕,区域变质作用产生绿帘角闪 岩相-低角闪岩相变质建造 胶东运动 幕,区域变质作用发生角闪岩相 变质,局部出现麻粒岩相建造	NE 向构造复合 EW 向构造形 成反 "S"状弧形断褶-变质岩相型 式,晚期为透入性劈理流褶曲,早 期为复式褶皱及多期塑性流变变 形	2 000 U-Pb 年龄: 2484~1830
初始矿源岩系, 海底镁铁质火 山沉积岩	古元古代大洋裂谷-火山喷发-火山沉积旋回, 发育超镁铁质铁镁质火山喷发岩及沉积岩;晚期 边缘沉积盆地有碳酸盐岩、粘土和碎屑岩建造 新太古代大洋中脊火山喷发-火山沉积旋 回,有大洋超铁镁质岩、拉斑玄武岩和碳酸岩、粘 土碎屑火山沉积岩建造	近于 EW 向展布的及延长的 古陆核初步形成,新太古界为核, 古元古界介于核外发育分布	2 500 Ma 英云闪长岩 U-Pb 年龄: 2858, 2615, 2610, 2664

#### 表 2 胶东典型金矿及岩系单元铅同位素组成

Table 2 Pb isotope values of typical gold deposits and rock series in Jiaodong area

矿石	、岩样及岩系单元	$w({}^{206}\mathrm{Pb})/w({}^{204}\mathrm{Pb})$	$w(^{207}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$	$w(208 { m Pb}) / w(204 { m Pb})$	模式年龄/Ma	$w(^{238}U)/w(^{204}Pb)$	$w(^{232}{ m Th})/w(^{204}{ m Pb})$	w(Th) / w(U)
玲珑-	破碎蚀变岩型	<u>17. 136~ 17. 366</u> 17. 251	<u>15. 418 ~ 15. 715</u> 15. 57	<u>37. 667 ~ 38. 595</u> <u>38. 13</u>	<u>920~1010</u> 965			
焦家式 金矿	石英脉型	<u>17. 142 ~ 17. 379</u> 17. 26	<u>15. 406 ~ 15. 588</u> 15. 5	<u>37. 691~38. 271</u> <u>38</u>	$\frac{750 \sim 890}{820}$	<u>8. 59 ~ 9. 43</u> 9.01	<u>36. 93 ~ 45. 38</u> 41. 16	<u>3.97~4.88</u> <u>4.43</u>
	多金属硫化物脉型	<u>16. 621 ~ 16. 991</u> 16. 8	<u>15. 292 ~ 15. 401</u> 15. 3	<u>37. 219~37. 573</u> 37. 4	<u>950~1100</u> 1025			
中生代	滦家河花岗岩							
花岗质	郭家岭花岗闪长岩	<u>17. 012 ~ 17. 889</u> 17. 45	<u>15. 149~15. 759</u> 15. 45	<u>37. 038 ~ 38. 424</u> 37. 7	$\frac{700 \sim 890}{795}$	<u>8. 36 ~ 9. 62</u>	$32.20 \sim 40.20$	$\frac{3.61 \sim 4.35}{3.98}$
岩系	玲珑花岗岩	17.45	15.45	51.1	195	0.99	50. 20	5. 96
盘马式	花岗岩化闪长岩	<u>16. 281 ~ 16. 295</u> 16. 29	<u>15. 188 ~ 15. 197</u> 15. 19	<u>36. 472~36. 520</u> 36. 50	1235	8. 71 ~ 8. 93	35.7~45.8	3.97~5.10
金矿	变质岩地层中	<u>16. 533 ~ 17. 040</u> <u>16. 79</u>	<u>15. 224 ~ 15. 362</u> <u>15. 29</u>	<u>36. 979~37. 292</u> <u>37. 14</u>	<u>720~1212</u> 964	8.80	39. 45	3. 98
荆山群	浅粒岩 斜长角闪岩 黑云母斜长片麻岩	<u>17. 051~17. 733</u> 17. 324	<u>15. 144~15. 505</u> 15. 365	<u>36. 783~37. 616</u> 37. 265	<u>479 ~ 847</u> 670. 86	8.36~8.90 8.76	<u>32. 20 ~ 38.28</u> <u>35. 68</u>	$\frac{3.60 \sim 4.12}{3.9}$
胶东群 底部	含辉石斜长角闪岩 黑云母斜长角闪岩 变粗玄岩	<u>17. 012~18. 025</u> 17. 455	<u>15. 328 ~ 15. 762</u> 15. 498	<u>36. 955~38. 424</u> 37. 577	$\frac{700 \sim 890}{795}$	<u>8. 36 ~ 9. 62</u> 8.99	<u>32. 20 ~ 40. 21</u> <u>36. 21</u>	$\frac{3.61 \sim 4.35}{3.98}$

本表据李兆龙等(1989)资料整理编制。

## 2 矿源岩系的变形岩相形迹概念及其 大比例尺填图

为了将成矿模型及矿源岩系这种构造与建造同 步演化的研究认识转化为野外的地质找矿方法,在 构造与岩石变质、构造控制建造、构造动力成岩成矿 和构造地球化学(杨开庆,1986)等方面探讨野外可 识别的填图标志,作者逐步发展并提出了构造变形 岩相形迹的概念——能反映伴随构造变形而产生的 那部分构造岩石单元(杨开庆, 1986; 吕古贤, 1991; 吕古贤等, 1999)。

一般矿床蚀变分带研究多侧重于岩石及其矿物 地球化学的变化(菲利普斯, 1994; 卢金, 1991; 克列 梅涅茨基等, 1996; 舒利金娜, 1995)。笔者等对胶东 玲珑-焦家式金矿床的蚀变分带开展岩石地球化学、 矿物学系统测试, 并建立该类矿床类型的交代剖面 模型(林文蔚等, 1998)。研究表明, 岩浆期后的热液 交代蚀变作用可以形成该类矿床蚀变分带。在此基 础上确定构造变形岩相形迹填图的填图单元(表 3)。 花岗岩的变形主要表现在似片麻状定向构造。

#### 表 3 胶东玲珑-焦家式 金矿成岩成矿变形岩相形迹及其地质特征

Table 1 Petrogenesis and matellogeny and tectonodeformation-facies Characteristics

of Linglong–Jiaojia type gold deposit in Jiaodong area

同位素年龄/Ma	成岩成矿阶段	变形岩相形迹	构造变形特征
< 70	成矿后脉岩及错动	含交代岩碎屑碎糜状, 断层泥	剪切位移带有上盘下滑的张性特征
	碳酸盐石英脉阶段	浸染状、网状、细脉状多金属硫化和 碳酸盐石英脉	脆性裂开,张剪、剪张变形
	石英硫化物阶段	珠状、长圆状砾石 碎糜状黄铁绢英岩	脆性变形, 以多轨多向运动为主
70 ~ 137	黄铁绢英岩阶段	杆状、片状、砾石碎糜-糜棱状 黄铁绢英岩	脆韧性变形、反映单向或 单轨双向构造运动
	绢英岩阶段	叶理状、透镜状、糜棱状绢英岩	韧性变形叶理状构造
	硅化钾化蚀变岩阶段	细纹状硅化、 钾化花岗质岩石	剪切流变状定向变形细纹结构, 交代层纹构造
124 ~ 155	二长花岗岩	引张相中粗粒等粒二长花岗岩	引张变形域、无定向组构具花岗结构
134 ~ 136	花岗闪长岩	挤压相似斑状花岗闪长岩	剪压性挤压变形域 α= 0~10 组构
155 ~ 164, 996	黑云母花岗岩	压剪域似片麻状黑云母花岗岩	压-剪性剪切变形域 α= 10 <sup>∞</sup> 35 组构
> 1800	斜长角闪岩、粒岩、 片岩及大理岩	流褶曲、流劈理、褶皱及劈理状 角闪岩相及绿片岩相	塑性流变 <b>、脆韧性变形及</b> 韧脆性变形

主要通过黑云母、角闪石及大量呈塑性流动状石英 表现出来,它反映了成岩期构造应力场状况。而蚀变 岩的构造叶理主要表现为拉长、定向排列的石英颗 粒,反映了成矿期构造应力场特征。填图结果发现, 本区岩石可以划分为以下几类:未蚀变的重熔花岗 岩——滦家河花岗岩和玲珑花岗岩(图1中DY<sup>2-3</sup> 和DY<sup>2-1</sup>)、弱变形蚀变岩(DH<sub>3</sub>)、变形蚀变岩(DH<sub>2</sub>) 和强变形蚀变岩(DH<sub>1</sub>)。此外,从主断裂下盘向北西 方向,构造蚀变强度逐渐减弱,矿床类型由黄铁绢英 岩型逐渐转变为黄铁矿石英脉型的特征。这反映了 构造控制矿床类型的稳定关系。

构造岩相形迹填图不仅可以在野外地质露头上 直接区分开成岩期和成矿期,甚至不同成岩成矿阶 段的构造岩石单元(吕古贤等,1999),而且可以从应 变和应力角度量化这一范围的变形场和应力场(图 1)。

通过玲珑金矿田阜山矿区 1 2000 构造变形岩 相形迹实测填图发现, 阜山矿区的蚀变分带并非理 想化地对称分布, 而是非常的不均一, 上下盘不对称 发育。特别明显的是近乎平行压剪构造带的绢英岩 构造叶理不仅在断裂带附近出现, 其产状 120 (±)

15 ~ 25 ; 弥散分布于蚀变岩及金矿体中, 而且在 控制矿化的较宽广区带中稳定发育。其发育规模变 化很大, 在北部最宽处可达 1 ~ 1.5 km, 南部分叉或 变窄, 仅百米左右或十几米, 但是, 叶理的产状是比 较一致的, 其走向 NNE, 倾向变化大, 倾角较平缓。 总体变形和蚀变强度由东部向西部逐步远离矿区主 要的九曲蒋家断裂而变弱。黄铁绢英岩型矿化带与



#### 图1 阜山金矿构造变形岩相形迹及应变椭球体投影图

Fig. 1 Tectonically deformed rock features and the strain

elliptical projection for Fushan gold deposit 1. 漆家河二长花岗岩 2. 玲珑黑云母花岗岩 3. 强变形蚀变岩 4. 变形蚀 变岩 5. 弱变形蚀变岩 6. 片麻理产状 7. 叶理产状 8. 破碎带 9. 蚀变 岩带及其编号 10. 断裂及其产状 11. 岩性界线 12. 岩相界线 13. 主井 和风井 14. 应变椭球

九曲蒋家断裂平行, 剖面叶理产状 122°25° 40°,而那些近乎平行于压剪带走向, 但与压剪带 及绢英质叶理倾向相反的张剪性断裂是石英脉 型金矿体及成矿期中基性岩脉充填的空间, 例 如在九曲分矿以北的矿脉产状 290° 305°65° ~65°从九曲蒋家断裂下盘向北西方向, 构造 蚀变强度逐渐减弱, 矿床由黄铁绢英岩型逐渐 转变为黄铁矿石英脉型。然而, 矿脉的直接围岩 都是黄铁绢英岩化岩石, 说明成矿有从早到晚 由黄铁绢英质蚀变矿化向硅化、黄铁矿化蚀变 的转化。九曲蒋家剖面反映了构造控制矿床类 型的这种共生关系, 即构造带的不同构造部位 与作用控制金矿类型的分布(图2)。

### 3 矿化趋势度的概念和标志

#### 3.1 矿化趋势和矿化趋势度

在上述矿源岩系的构造变形岩相形迹研究 及填图基础上,本文探讨一种新的量化成矿过 程的概念与方法。为了能客观地评价各阶段矿 源岩对成矿作用的贡献程度,这类研究不能仅 靠点上的个别分析样品,而要在一定面积上按 填图比例较均匀分布的样品基础上评价岩石的 成矿性,为此,我们提出矿源岩系的矿化趋势 MT(mineralization trending)与矿化趋势度 MTD(mineralization trending degree)的概念。





矿化趋势是指矿源岩系在构造与建造演化背景 下,其具体构造岩石单元对工业矿化作用的贡献程

度。

按各类构造变形岩相的岩石对矿化的贡献程度 分别给予权重值,称单位面积(体积)内各构造岩石 单元的权重之和为该面积(体积)内的矿化趋势度; 矿化趋势度是指一个矿区各种岩石类型对该区成矿 的综合贡献,是一个无量纲数,用百分数来表示,而 把工业矿床形成作用总矿化趋势度定为百分之百。 为了研究典型矿区哪些部位最重要,最易形成工业 矿床,用矿化趋势度来表征大至各个岩相带,小到包 括蚀变岩带和矿化岩石对成矿的贡献,这可能成为 一个有效的判断途径。

3.2 矿源岩系矿化趋势度的判定依据

相对应于所研究的构造岩浆活化区矿床的成矿 模式,类似于玲珑-焦家式金矿的矿床,成矿岩石表 现出矿源岩演化的成矿过程,这时矿化趋势度研究 才有意义。确定岩石组合矿化趋势度的权重时初步 考虑以下几个方面。

(1)构造岩浆活化区矿源岩系的存在是矿化趋势度的地质基础;

(2)根据地质作用与成矿作用相关性的密切程度,确定矿化趋势度的百分数值。一般来说,直接矿源岩系,特别是交代矿化岩石赋与较大权重值;从蚀变岩石、直接矿源岩系、衍生(中间)矿源岩到初始矿源岩,其矿化趋势度所占百分数变小;

(3) 将岩石的含矿性等地球化学数据作为赋值的重要参数;

(4)考虑成岩时代与成矿时代的密切程度,选取 百分数;同时也要考虑矿体与岩石的空间分布状况。

# 4 阜山金矿区金矿化趋势度的实际测算

#### 4.1 蚀变交代分带的地球化学基础

玲珑矿田研究表明, 黄铁绢英岩质蚀变交代作 用是重要的工业矿化过程(杨敏之等, 1996; 杨敏之, 1998), 在矿区及矿床尺度上, 也是重要的矿化岩石 和矿源直接提供者。根据阜山矿区1 2000 变形岩 相形迹即变形蚀变岩填图的要求, 将这一构造蚀变 岩带又细划分为3个填图单位: 强变形黄铁绢英质 蚀变岩、弱变形绢英质钾化蚀变岩和碎裂钾化蚀变 花岗岩。

蚀变岩是由花岗岩成分经不同形式的热液蚀变 作用形成的,与金的成矿作用直接相关。特别是钾长 石、绢云母、石英、白云石及方解石的有规律组合,形成了该类蚀变矿化的分带现象(Garven, 1985; Figures, *et al.*, 1984; Parnell, *et al.*, 1993; Turner, 1980)。从早到晚成矿阶段表现为以下几种蚀变作 用。

(1) 钾化主要表现为微斜长石交代溶蚀斜长石, 还有角闪石为黑云母所取代的现象。其反应机理是:

 $6(NaAlSi_{3}O_{8}+CaAl_{2}Si_{2}O_{8})+5K_{2}O$ 

 $10K(AlSi_3O_8) + 6CaO + 3Na_2O + 4Al_2O_3$ 

$$Ca^{2}Na[MgFe] 4(AlFe)[(AlSi) 4O^{11}](OHF) +$$

$$K^{+}$$
 K(MgFe) 3[AlSi3O10](OHF) 2+ Na<sup>+</sup> +

$$Fe^{3+} + Mg^{2-}$$

(2) 无论是斜长石还是钾长石经绢英岩化蚀变 均可以形成绢云母、石英为主的矿物组合,它们的反应式为:

$$3K(AlSi_{3}O_{8}) + H_{2}O$$

$$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_{3+} 6SiO_2+K_2O$$

$$2(NaAlSi_{3}O_{8} + CaAlSi_{2}O_{8}) + K_{2}O + H_{2}O$$

2KA12(AlSi3O10)(OH)3+ 2CaO+

Na<sub>2</sub>O+ 4SiO<sub>2</sub>

(3) 硅化、黄铁矿化是在上述蚀变基础上进一步 发展产生的,因此它们同上述蚀变带均为渐变关系。

(4)碳酸盐化发生更晚,是在绢英岩化的基础上 发生的:

KAl2(AlSi3O10)(OH)  $3+ 2CaO^{2+} + 2HCO_{3} +$ 

 $4H_{2O} = 4H^{+} + K^{+} + 3Al(OH)\bar{4} +$ 

 $2CaCO_3 + 3SiO_2$ 

根据研究资料(裘有守等,1988;杨敏之,1998), 钾化发生在400 左右,绢英岩化处于360~400 , 而硅化和黄铁矿化产生于220~240 和280~ 340 ,碳酸盐化发育在80~180 之间,因此金矿床 蚀变跨中高温到中低温两个热液阶段。结合矿区以 黄铁矿-石英矿物组合等特点,归为中温热液矿床较 适宜。

4.2 主要矿源岩系岩石矿化趋势度的确定

玲珑金矿田阜山金矿区的赋矿围岩是玲珑似片 麻状黑云母花岗岩和滦家河中粗粒二长花岗岩,蚀 变岩依蚀变强弱可以分为三类:强变形蚀变岩、变形 蚀变岩和弱变形蚀变岩。在该区 19~58 勘探线开展 面积约 2 km<sup>2</sup> 的 X 荧光测量(图 3)。

测试工作采用双道射线荧光分析仪,闪烁探测器<sup>238</sup>Pu 放射性同位素源,宽道带 Au-1<sup>#</sup> 滤片对作为 推测手段,以金属硫化物与金的地球化学相关性实 测数据为基础(表 4),用金属硫化物总量作为该区金 的指示元素,进行了详细的现场测试。

Table 4 Trace elements in Fushan gold deposit and their relation to gold								
岩(矿)石名称	A u w <sub>B</sub> / 10 <sup>-6</sup>	Pb	Zn	Cu	Fe	Mn	Sr	Ba
蚀变花岗岩	0.12	低	低	极少	高	中	中	高
硅化蚀变岩	0.14	高	高	极少	中	无	无	高
207 主矿体浅部矿石	0.8	中	中	中	高	无	无	无
铁染矿石		低	低	无	极高	无	无	极高
207 主矿体深部矿石	7.8	低	中	高	高	无	无	低







Fig. 3 X-ray fluorenscence analytical result sketch of Fushan gold deposit

金与相关硫化物的相关性是测试基础。除了搜 集前人大量地球化学分析资料之外,系统采集矿区 各类矿石、岩石样品,并经过室内大型多道能谱分析 仪的分析,结果(表4)发现,Au和Cu,As,Sb,Ni, Pb,Co等元素具有较好的相关性。本研究采用极少 总量测量方法,一次性野外记录以上元素在测量物 质中的总信息,并根据仪器总的测量值,结合仪器标 定含量曲线进行拟合推测Au的品位。其结果具体地 反映了区内金与硫化物的分布概况,与已知矿脉的 分布状况是吻合的。 У能谱测量是一种测量天然放射性的方法,直接测定天然放射性元素铀、钍、钾的含量。由于该区交代蚀变钾化发育,原岩花岗岩铀钍本底清楚,因而可能依此推断原岩,寻找蚀变带。用У能谱实测可以清楚地分出滦家河二长中粗粒花岗岩和玲珑似片麻状黑云母花岗岩本底值之间的差异,反映蚀变强弱与金矿化的关系等(吕古贤等,1999)。在各实测剖面中的测算峰值地段与蚀变带及矿化分布部位较为吻合,与地质的实际情况一致。

参考各类岩石在矿源岩系中的位置和成矿特 征,根据各种岩石地球化学测量结果、断裂带的构造 岩的分布与发育状况以及围岩蚀变岩与金品位关系 (图 4)等指标,将这些岩石按照其对矿化的贡献分别 给以权重;强蚀变岩和变形矿化蚀变岩 60%,弱变形 蚀变岩 20%,蚀变构造岩 10%,滦家河花岗岩 6%, 玲珑花岗岩 4%。





## 4.3 阜山金矿区矿化趋势度(MTD)的实际计算

以1 2000 的阜山金矿床构造变形岩相形迹填 图资料为基础,将该矿区图划分为若干相等面积的 方格,则矿区分为单个面积为 37 400 m<sup>2</sup> 的方格组成 的网格。分别计算各方格中各种岩石分布面积(假设 垂直方向为单位长度,则结果相当于体积)占整个网 格面积的百分数;用它们的面积百分数乘以各矿源 岩的矿化权重值并相加,即可得到该方格所包含的 区域意义的矿化趋势度,经实测与计算获得阜山金 矿全区矿化趋势度的空间分布图(图 5)。



图 5 阜山金矿床矿化趋势度(MTD)平面分布图 Fig. 5 Distribution of mineralization tendency degree (MTD) plane of Fushan gold deposit

#### 4.4 阜山金矿区矿化趋势度平面图的分析

矿化趋势度的分布与实际矿脉分布对比可知, 在 MTD 值> 0.12 的等值线区内,就是主要工业矿 体分布的空间。207矿井到李家庄矿井一带MTD 高 值区是目前主要矿脉集中分布区,该区的北西地段 MTD 高值区是 201 矿脉群发育带。可见,MDT 的分 布可以反映该类矿床最有利的成矿部位。

矿化趋势度图可以从变化的角度推测未知矿脉 的可能分布部位,从207风井南有一MTD高值区带 经207风井向九曲蒋家村一带延伸。虽然该区由于 受村落和覆盖物的影响,难以开展地表地质工作,但 是,深部的探矿工程已经证明,风井向南的矿化也是 比较连续的。

由于它是一种从面积和体积角度的覆盖形式, 而不是仅仅考虑矿脉或断裂,因此,矿化趋势度图的 分析可以促进构造与地球化学和流体成矿等成矿理 论观点的深化,可以为研究成矿过程与作用提出野 外基础地质新的填图研究方法和研究途径。

**致谢**:感谢李廷栋、陈毓川、翟裕生、马宗晋、沈 其韩、欧阳自远、叶大年、叶天竺、郭文魁、张炳熹、孙 殿卿、宋叔和、陈庆宣、杨开庆、任纪舜、肖庆辉和刘 瑞珣等师长的多年指教和支持;参加这一地区工作 的有邓军、张均、鲁安怀、朱大岗、张成江、 **五**民、舒 斌、郭涛、殷秀兰、徐刚等人,室内的综合分析由刘杜 鹃和郭涛完成,在此表示感谢。

#### 参考文献:

- [1] 别洛乌索夫 B B. 大地构造学基本问题[M]. 北京: 中国工业出版社, 1965. 1-384.
- [2] 陈国达.中国地台 "活化区"的实例并着重讨论华夏古陆问题
   [J].地质学报, 1956, 36(3): 239-272.
- [3] 陈国达. 地台活化说及其找矿意义[M]. 北京: 地质出版社, 1960.1-408.
- [4] 菲利普斯 G N. 变质流体与金[J]. 国外地质科技, 1994, 6:58-62.
- [5] 郭文魁, 俞志杰, 刘兰笙. 中国东部成矿域与成矿期的基本特征[J]. 矿床地质, 1982, 1(1): 1–14.
- [6] 吕古贤. 胶东半岛构造-岩相形成及玲珑-焦家式金矿的构造动 力成岩成矿地质特征研究(博士论文详细摘要)[J]. 中国地质 科学院院报, 1991, (23): 65-80.
- [7] 吕古贤, 孔庆存. 胶东玲珑-焦家式金矿地质[M]. 北京: 科学出版社, 1993. 1-266.
- [8] 吕古贤.构造物理化学基本问题与金矿成矿预测[J].地球学报,1998,19(2):117-125.
- [9] 吕古贤,林文蔚,李晓波,等.构造物理化学与金矿成矿预测
   [M].北京:地质出版社,1999.1-468.
- [10] 罗镇宽,关康,王曼祉,等.中国金矿成矿大地构造背景和成矿 地质特征[A].国际金矿地质与勘探学术会议论文集[C].沈 阳:东北工学院出版社,1989.100-102.
- [11] 李春昱,王荃,刘雪亚,等.亚洲大地构造说明书[M].北京:地 质出版社,1982.45.
- [12] 卢金 A H. 岩浆期后矿床构造的地质填图[J]. 国外地质科技, 1991, (5): 4-15.
- [13] 克列梅涅茨基 A A. 金矿系统演化的普遍性是其工业矿床区 域预测的关键准则[J]. 国外地质科技, 1996, (6): 1-8.
- [14] 林文蔚, 殷秀兰. 成矿流体的浓缩作用及浓缩方式研究[J]. 地 球学报, 1998, 19(2): 158–165.
- [15] 裴荣富,吴良士.中国东部区域成矿研究述评[J].矿床地质, 1990,9(1):91-94.
- [16] 裘有守.山东招远—掖县地区金矿区域成矿条件[M].沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1988. 1-291.
- [17] 任纪舜.中国大陆的组成、结构、演化和动力学[J].地球学报, 1994, (3-4): 5-13.
- [18] 舒利金娜 H M. 金-银矿异常地球化学场的结构[J]. 国外地质

科技, 1995, (5): 54-56.

- [19] 王秀璋,程景平.中国太古代变质岩中的金矿床与国外同类矿床特征比较[A].国际金矿地质与勘探学术会议论文集[C].沈阳:东北工学院出版社,1989.152-154.
- [20] 王木清.中国金源岩形成的构造环境[A].国际金矿地质与勘 探学术会议论文集[C].沈阳:东北工学院出版社,1989.151-152.
- [21] 杨开庆. 动力成岩成矿理论的研究内容和方向[J]. 中国地质 科学院地质力学研究所所刊(第7号), 1986. 1–14.
- [22] 杨敏之, 吕古贤. 胶东绿岩带金矿地质地球化学[M]. 北京: 地 质出版社, 1996. 1-221.
- [23] 杨敏之. 金矿床 围岩蚀变带地球化学——以胶东金矿床为例

[M].北京:地质出版社, 1998.1-120.

- [24] Lee J S. Some characteristic structural types in Eastem Asia and their bearing upon the problem of Continental movements, Goal. Mag., 1928, 66(782): 358–375. 1928, 66(783): 413– 431. 1928, 66(784): 457–473. 1928, 66(785): 501–522.
- [25] Garven G. The role of regional fluid flow in the genesis of the Pine Point deposit, Western Canadian sedimentary basin [J]. Economic geology, 1985, 80: 307–342.
- [26] Figures J C. Contourite draft molded by deep Mediterranean outflow[J]. Geology, 1984, 12(5): 296-300.
- [27] Turner J S. A fluid dynamical model of differentiation and layering in magma Chambers[J].Nature, 1980. 285.

## TECTONICALLY DEFORMED ROCK FEATURE MAPPING AND MINERALIZATION TREND DEGREE MEASURING AND THEIR APPLICATION TO GEOLOGY AND ORE EXPLORATION-TAKING FUSHAN GOLD MINE, LINGLONG GOLD ORE FIELD, JIAODONG REGION AS AN EXAMPLE

 $LU\ Gu\mbox{-xian},\ GUO\ Tao,\ LIU\ Du\mbox{-juan},\ SHU\ Bin,\ Xia\ Lin,\ GUO\ Chu\mbox{-sun},\ DONG\ Fa\mbox{-xian}$ 

(Institute Geomechanics, CAGS, Beijing 100081, China;)

**Abstract:** This paper deals with source rocks of Linglong-Jiaojia type gold deposits in tectonom agmaticactive areas in Jiaodong region. The tectonic deformation features of the source rocks within 2 km<sup>2</sup> were mapped at 1/2000 scale. Based on the results concept of mineralization trende degree (MTD) is put forward and the distribution map of MTD in Fushan gold mine finished. The concept and mapping method are of great importance and practical prospect in converting the metallogenic model to ore-propecting model and is establishment of the practical quantitative ore-prospecting methodology.

Key words: MTD; Linglong-Jiaoja type gold deposit; ore source tocks; tectono-deformation facies; structural-magmatic mobilized area; Jiaodong area

## 欢迎订阅 有色矿山》

衛色矿山》系国家科委批准向全国公开发行的刊物,是实用性很强的有色金属矿山采、选综合性期刊,其内 容与矿山生产、设备应用情况紧密相连,本刊主要报道国内外矿山建设生产和科研成果,介绍国内外矿山采用的 新技术、新工艺、新材料、新设备和加强科学管理,提高经济效益,降低能耗等经验,在各有色矿山、黄金矿山与其 他企业本刊物有很大的影响。

本刊为双月刊,双月20日出版。大16开本,每年6期,每期定价8.00元,全年48.00元。订阅者可向编辑部 索取订单,或直接从邮局汇款到编辑部订阅。

本刊还可刊登广告,价格从优。 联系地址:北京市复兴路12号《有色矿山》编辑部 邮编:100038 联系电话:(010)63962233-3218 传真:(010)63963662(请注明《有色矿山》) E-mail:ysks69@sohu.com