枝木・方法

危机矿山接替资源寻找问题的探讨 ——以新疆石英滩金矿为例

李强

(长江大学地球科学学院,荆州 434023)

[摘 要]针对危机矿山深边部资源勘探的特殊性和国内外相关研究与应用,以新疆鄯善县石英滩 金矿为例,分析了区域成矿地质背景,结合对已开采矿床的详细的地球化学原生晕研究资料,采用相似 类比原则,对其外围有利异常区资源前景进行评价与预测,研究表明东北夼异常区 Au₃ 异常的组合特征 具有与石英滩金矿床原生晕相同的前缘组合,尾部组合,且各指示元素含量变化规律也极为相似,初步 的验证钻孔也证实了这一结论,此次化探工作证明利用岩石地球化学方法在危机矿山评价和寻找隐伏 矿是非常有效的。

[关键词]危机矿山 金矿 地球化学勘查 石英滩 新疆 [中图分类号]P595 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2009)04-0409-08

Li Qiang. Discussions on the exploration of replaceable resources of resource exhausted mines: a case study at the Shiyingtan gold deposit in Xinjiang [J]. Geology and Exploration, 2009, 45(4):409–416.

当前我国矿业发展形势十分严峻,一方面,多年 来地质资源的高强度消耗,已有的大批矿山基地已 探明储量的日趋枯竭[1-3];另一方面,地质勘查实际 投入的大幅度下降,致使新发现的矿床和接替资源 又越来越少,从而导致我国新建矿山不多,而大批老 矿山,因资源危机而面临或濒临关闭的严峻局面。 因此开展老矿山基地的接替资源勘查,特别是深、边 部的资源勘探,即就矿找矿,具有十分重要的经济和 社会意义。近年来,国内外众多找矿成果也证明了 危机矿山深部找矿的巨大潜力^[4-7]。事实上我国很 多危机矿山都存在着进一步的找矿潜力,正如国内 一些专家指出:我国危机矿山深边部的找矿前景主 要表现在:浅部资源危机,深部资源潜力巨大;矿山 本区资源危机,外围资源潜力巨大;已知矿床类型资 源危机,新类型资源潜力巨大^[8-10]。但如何在原有 矿山深部或外围找到新矿体,甚至发现新矿床难度 很大,需要有效的技术方法。国内外找矿的实践证 明,岩石地球化学异常评价方法在已有矿区深部及 其外围寻找新矿、盲矿是一种直接、快速、有效的方 法技术^[11-21]。文章通过对石英滩金矿成矿地质背 景分析,对其外围东北夼异常区进行了地质、岩石地 球化学研究,建立了异常区的指示元素和元素组合 特征,并根据已经建立的石英滩金矿床的原生晕及 分带模式特点,对矿床外围异常区进行综合评价分 析,从而指导外围找矿。

1 成矿地质背景

石英滩金矿区位于康古尔塔格-黄山断裂构造 带为北界与苦水大断裂为南界中间地带的阿齐山-雅满苏火山-沉积岩组合建造岛弧带的北缘。矿区 的构造环境处于区域康古尔塔格-黄山断裂带与苦 水断裂交汇处。在康古尔塔格-黄山断裂构造带应 力场控制下,区内北西西向断裂与近东西向的左行 剪切作用联合控矿,构成了该区独具特征的火山作 用控制下的石英滩金矿床古火山机构(图1,2)。

2 矿床地质概况

石英滩金矿床产于古火山机构西北缘的安山– 英安质熔岩及火山碎屑岩中。矿床主要由 L₁、L₂、 L₃ 地表矿脉及 L₄ 和 L₅ 隐伏矿脉组成。矿体平面形

[[]收稿日期]2008-07-01;[修订日期]2009-06-01。[责任编辑]杨 欣。

[[]基金项目]长江大学科研发展基金项目(编号:801130010113)资助。

[[]第一作者简介]李 强(1972年—),男,2007年毕业于长安大学,获博士学位,讲师,现主要从事矿产资源评价与预测研究工作。



Fig. 1 Geological map and tectonic units sketch of the Shiyingtan gold deposit^① 1—第四系;2—下石炭统阿奇山组安山岩;3—下石炭统阿奇山组角闪安山质英安岩;4—下石炭统阿奇山组含杏仁安山岩;5—火山角砾 岩;6—流纹斑岩;7—花岗斑岩;8—石英闪长玢岩;9—地质界限;10—断层;11—石英脉;12—金矿体;13—断裂;14—矿点;15—强变形 带;16—钾长花岗岩

1—Quaternary;2—andesite of Lower-Carboniferous Aqishan Formation;3—hungaritic dacite of Lower-Carboniferous Aqishan Formation;4 amygdaloidal andesite of Lower-Carboniferous Aqishan Formation;5—volcanic breccia; 6—rhyolitic porphyry;7—granite-porphyry;8 quartz dioritic porphyrite;9—geological boundary;10—fault;11—quartz vein;12—gold orebody

态为脉状、不规则状,受区域性断裂和古破火山口有 关的环状裂隙控制。剖面呈板状、筒状、囊状。矿石 类型为含金石英脉型和蚀变安山岩型(图2)。矿石 矿物成分简单,金属矿物主要为黄铁矿、黄铜矿、自 然金、金银矿和银金矿等。

3 已采矿体原生晕特征

通过对石英滩金矿床 L4 矿体各开采中段及勘 探钻孔的岩石系统采样分析和计算统计,确定了该 金矿床的地球化学原生晕指示元素的组合特征^[22]。 研究表明,矿床具典型的轴向分带序列,即前缘-尾 部:Hg-As-Sb-Zn-Ag-Au-Bi-Mo-Cu。该主成矿 段的指示元素分带序列与国内典型大中型金矿原生 晕分带序列是一致的。轴向分带在前缘元素类别上 与典型矿床完全一致,仅顺序略有差异,中部序列在 石英滩为 Zn-Ag-Au,矿床原生晕具较典型的叠加 晕。

4 金矿外围找矿研究

根据石英滩金矿古火山机构控矿的特点,在前人 矿床外围异常勘查工作成果的基础上,确定了勘查前 景较好的东北夼异常区作为外围找矿的重点区域。



1 **vv** 2 **x** 3 **x** 4 **±** 5 **±** 6 ∕ 7 8 **∞** 9 **≤** 10 11

图 2 石英滩火山机构略图²

Fig.2 Sketch of volcanic edifice of the Shiyingtan area² 1—第四系;2—石炭-二叠系安山岩;3—碎斑流纹岩;4—流纹斑 岩;5—花岗闪长岩;6—二长岩;7—地质界限;8—金矿区或金异 常区;9—推测火山喷发中心;10—韧性剪切带;11—断裂 1—Quaternary; 2—Carboniferous-Permian andesite; 3—porphyroclast rhyolite;4—rhyolitic porphyry;5—granodiorite; 6—monzonite; 7—geological boundary;8—gold mine or anomaly;9—inferred volcanic eruption center;10—ductile shear zone;11—fault

① 姬金生,张学仁,张连昌.鄯善县石英滩金矿矿体预测研究报告,1999.

② 李志泉,郑健,牛定杰:新疆吐哈盆地南缘康古尔塔格地区1:20万金、铜、铅、锌第二轮成矿远景区划报告,1994.



图 3 石英滩东北夼异常区平面地质实测草图

Fig. 3 Geological sketch of anomalous area in Dongbeikuang, Shiyingtan

1—第四系;2—流纹斑岩;3—英安岩;4—英安斑岩;5—安山岩;6—花岗斑岩;7—石英脉;8—蚀变带;9—地质界限;10—产状;11—平移断层; 12—钻孔及编号;13—探槽及编号;14—剖面位置线

1—Quaternary;2—rhyolitic porphyry;3—dacite;4—dacitic porphyry;5—andesite;6—granite porphyry;7—quartz vein;8—alteration zone;9 geological boundary;10—occurrence;11—strike-slip fault;12—drill hole and number; 13—exploratory trench and number;14—line of section

4.1 东北夼异常区地质概况

东北夼金异常区位于石英滩金矿床北东方向约 5km 处。异常区内出露的地层为一套下二叠统阿其 克布拉克组第三岩性段,岩性以安山岩、蚀变安山 岩、英安岩及蚀变英安岩为主。异常区北部有闪长 玢岩和花岗斑岩岩脉出露,异常区南部为石英滩古 火山机构外侧岩体,岩性为碎斑熔岩和碎斑流纹斑 岩。异常区北西侧为康古尔塔格构造带,岩性为中 石炭统干墩组糜棱岩化大理岩。

金矿化异常带产于北西—南东的断裂破碎带中,围岩成分比较单一,为安山岩、英安岩及蚀变安山岩和杏仁状安山岩。矿化带宽20~40m。宽度变化稳定,仅在局部构造交汇部位有膨大变宽的趋势。 矿化带长约1.5km,沿走向呈断续状延伸。矿化带主要由石英脉、蚀变英安岩和碳质细脉组成。

矿化带中最明显的蚀变为褐铁矿化、硅化,还有 少量的绿泥石化、绿帘石化。硅化主要发生于石英 脉边部和次级裂隙中。硅化岩石主要成分为 SiO₂, 含量大于 90%,颜色呈灰色-灰白色,岩石硬度极 大,往往未发生破碎,宽度一般为 10~20cm。褐铁 矿化在矿化带中分布范围较宽,且不连续,矿化强度 不一。在蚀变带外侧的灰绿色安山岩及英安岩中, 褐铁矿化主要沿岩石破裂面产出,产状为 330°~ 350° ∠ 70° ~ 85°。蚀变带内褐铁矿化随岩石破碎 程度增强,褐铁矿化强烈。破碎带产状为 200° ~ 230° ∠ 70° ~ 80°。此外,在蚀变带中还可见数条黑 色碳质细脉,脉体宽1~2cm,产状 200° ~ 230° ∠ 80° ~85°。

石英脉位于矿化蚀变带中部,是由数条宽度不 等的细脉组成,脉宽 70~80cm,产状 200°~220° ∠60°~80°,呈灰白色,因部分发生褐铁矿化而呈浅 红色。石英脉中含硫化物很少,部分岩石中仅见有 被氧化淋滤后的黄铁矿残余空洞,此特征与石英滩 矿区是一致的。另外石英表面可见碳质的黑色斑 点。

4.2 东北夼异常区金异常的元素地球化学研究

4.2.1 化探剖面布置及采样分析

通过对东北夼含金石英脉剖面系统控制,布置 岩石地球化学剖面 15 条,剖面垂直石英脉走向,剖 面线间距 50m 或 100m。按 2 ~ 5m 间距地表连续采 样(样重 200 ~ 300g),共采集样品 190 件。选择 Au、Ag、As、Sb、Hg、Cu、Pb、Zn、Bi、Mo 共 10 个指示 元素测试分析,分析方法为:Au-化学光谱法;Cu、 Pb、Zn-原子吸收法;As、Sb、Hg、Bi-原子荧光法;Ag、 Mo-发射光谱法。样品分析由长安大学分析测试中 心完成。 4.2.2 原生晕指示元素特征

通过对样品分析结果的统计,采用累频分布和 概率分布图解法确定各指示元素的地球化学参 数^[23,24],结果显示:东北夼金异常点的原生地球化 学异常总体特点是前缘元素 As、Sb、Hg 有很大的异 常规模,异常强度高,连续性好,有浓集中心和完整 的浓度分带,Au、Ag 显示出中等强度和规模的原生 异常;Zn、Bi、Cu 在异常带呈低背景分布,正异常分 布在带两侧,显示出尾部元素(Bi、Cu)低强度且连 续的特点;Mo 异常仅发育在主带西部,东部基本无 异常,可能与酸性斑岩的同化作用有关,从成矿作用 看,Mo 含量仍是弱异常或背景趋势。东北夼的上述 异常特征表明主矿带剥蚀水平不深,金矿化仅表现 出前缘特征,有存在金盲矿体的趋势。为了进一步 研究其原生晕组合特征,选取一条最有代表性和成 矿意义的 Au₃ 异常作为研究对象。

4.2.3 Au₃ 异常的组合特征

东北夼安山岩及异常区指示元素地球化学参数 见表1。由表中数据可知,除 Bi 和 Cu 外,其余指示 元素均呈异常显示。利用多元回归方法分析剖面的 指示元素共生特征(表2)。

表中数据显示,Au相关系数大于临界值的仅为 As、Sb、Hg三个前缘元素,但在偏相关系数中这三个 系数均下降到 0.2 以下,表明 Au 与 As、Sb、Hg 的关 系并不稳定,Au 并不是完全随着 As、Sb、Hg 的增加 而增加,这是前缘元素与 Au 的常见关系。在成矿 条件好的地段,随深度增加,在一定水平上,它们的 相关关系将为负。Au 和 Cu、Bi、Zn 相关系数较小, 且为负相关,虽然绝对值小于临界值,但其趋势是在 采样水平上呈反消长关系,尽管在矿化前缘,Au 仍 然表现出一定的强度。在矩阵中,大于临界值相关 系数大多是前缘元素之间的共生关系表现。

在 Au₃ 异常中选择 10、14 两条地化剖面,研究 Au、As、Sb、Hg 的含量变化(图 4、5)。在两个剖面 上,呈现出的基本规律是 Au 含量增高与 As、Sb、Hg 呈同步增长关系,但也有局部的不协调,如 10 线的 Au 与 As、Sb、Hg 的相关矩阵(表 3)中,Au 与 As、 Sb、Hg 的相关系数均大于临界值,但偏相关矩阵中 将此种关系的复杂性表现出来(表 4)。Au 与 As 则 表现为负相关,明确表示出 Au 含量向深部一定水 平增量时 As 则会逐渐减少。Au 与 Hg 偏相关系数 也变小了许多,仅 Au 与 Sb 的相关系数变化较小。 总之,在前缘元素的强异常所表现的剥蚀面上,它们 与 Au 的关系预示着将会有规律地变化,其趋势是 随深度变化而反消长。

	元素	Au	Ag	As	Sb	Hg	Cu	Zn	Bi	Mo
东北夼 Au ₃	Х	53.70	0.12	501	8.13	77.62	13.8	22.91	0.06	6.46
	S	2.82	2.75	3.02	2.40	3.02	1.41	2.24	4.25	3.24
	V	0.26	-0.47	0.18	0.42	0.26	0.13	0.26	-0.23	0.63
东北夼安山岩	Х	6.41	0.08	7.13	2.00	21.3	30.7	41.47	0.08	1.34
	S	1.85	1.69	2.24	1.95	1.98	3.09	1.81	1.64	1.40
	V	0.33	-0.20	0.40	0.96	0.22	0.33	0.16	-0.20	1.14

表1 东北夼安山岩及 Au₃ 原生晕指示元素参数(n=25) Table 1 Indicator element parameters of andesite and Au₃ rock geochemical anomaly at Dongbeikuang(n=25)

注:Au、Hg(×10⁻⁹),其它(×10⁻⁶);X-几何平均值,Cu、Zn、Bi为算术平均;S-方差;V-变化系数。

表 2 东北夼 Au, 原生晕指示元素相关、偏相关矩阵

 Table 2
 Correlation and partial correlation matrix of indicator elements in primary halo of

Au₃ rock geochemical anomaly at Dongbeikuang

元素	Au	Ag	As	Sb	Hg	Cu	Zn	Bi	Мо
Au	1	0.27	0.65	0.62	0.64	-0.17	-0.26	-0.04	0.26
Ag	-0.09	1	0.46	0.37	0.50	0.35	-0.09	0.09	0.53
As	0.15	0.13	1	0.80	0.71	-0.06	-0.21	-0.03	0.48
\mathbf{Sb}	0.19	-0.14	0.56	1	0.61	0.08	-0.06	0.13	0.47
Hg	0.20	0.35	0.20	0.12	1	-0.21	-0.41	-0.16	0.25
Cu	-0.14	0.46	-0.23	0.16	-0.26	1	0.71	0.75	0.62
Zn	-0.19	-0.22	0.03	-0.05	-0.32	0.02	1	0.89	0.45
Bi	0.21	-0.04	-0.09	0.08	0.31	0.35	0.80	1	0.55
Mo	0.08	0.24	0.37	0.00	0.03	0.34	0.25	-0.06	1

注:矩阵上三角为相关系数;下三角为偏相关系数;n=25; $r_{0.05}^{(0)}=0.396$ 。

Hg

Table 3	Correlation	matrix of A	u,As,Sb,Hg	g at line No. 10
元素	Au	As	Sb	Hg
Au	1	0.735	0.846	0.717
As	0.735	1	0.958	0.883
\mathbf{Sb}	0.846	0.958	1	0.862

表 3 10 线 Au, As, Sb, Hg 相关矩阵

表 4 10 线 Au , As , Sb, Hg 偏相关矩阵

0.883

0.862

1

 Table 4
 Partial correlation matrix of Au, As, Sb,

 Hat the Number of Au, As, Sb,

fig at file No. 10						
元素	Au	As	Sb	Hg		
Au	1	-0.518	0.726	0.209		
As	-0.518	1	0.863	0.472		
\mathbf{Sb}	0.726	0.863	1	0.054		
Hø	0.209	0.472	0.054	1		

 $N = 9; r_{0.05}^{(0)} = 0.666$

0.717









Fig. 5 Content graph of Au, As, Sb, Hg at line No. 14 line at Dongbeikuang

4.2.4 Au₃ 异常的组合特征

利用正交旋转因子法对主成分进行分析,结果 为: F_1 :Cu、Zn、Bi、Mo; F_2 :Au、Ag、As、Hg; F_3 :Ag(-)、 Sb(-)、Cu(-)、Mo(-); F_4 : Sb, 四个因子分别贡献 39%,28%,12%和8%。Au元素在第二主因子成 分组合中占极为重要的位置,正交旋转后的主因子 解为 0.9729, 是最高的, 其次是 As 和 Hg, 主因子解 为 0.9052 和 0.9709, 而 Ag 仅为 0.3381。第三因子 贡献仅为12%,但也不可忽视,它表明成矿物质组 合的多样性,也往往意味着一定的成矿的多期信息。 另外在主成分分析计算中,最后结果是采用正交旋 转主因子解,其缺点是它将各因子控制因素孤立起 来,而在成矿作用过程中这种情况往往很少见。因 而有时又进行斜旋转,这样又使变量关系复杂化,一 般初始因子负荷的改造最少,它的代表性对了解成 矿作用的地质因素更为有用。东北夼 Au, 之初始因 子负荷矩阵指示的因子组合为: F_1 : Ag、Sb、Cu、Zn、 $Bi_Mo_; F_2: Au_Ag_As_Hg_Zn(-); F_3: Au_Ag_Sb$ (-);F₄:Sb、Zn(-)、Bi(-)。显然,Au 出现在两个 因子组合中。F₁代表的组合同样与成矿作用有关。

从指示元素谱图看(图6),其细节与主成分分 析结果没有大的区别,但相似水平降到0.4,同样只 是反映出一个完备的成矿组合,前缘组分、主成矿组 合、尾部组合各得其所。即使在正交因子投影图中 (图7,图8),尽管有主次之分,Au的因子组合仍显 示出有两个主因子的约束。由于采样是在现代剥蚀 水平进行的,这种组合信息随深度增加,肯定会发生 变化的。



图 6 东北夼 Au, 指示元素谱系图

Fig. 6 Correlogram of the indicator elements in primary haloes of Au₃ rock geochemical anomaly at Dongbeikuang

F₂因子计量(得分)充分表明主成矿组合的展





布特点(图9),得分高值点为该因子组合的有关元 素高值点。如 DH11-2 点,得分 1807,相应组合中 Au 为 80.4×10⁻⁹,As 为 3371×10⁻⁶,Hg 为 128×10⁻⁹, Ag 为 0.24×10⁻⁶;DH14-5 点,含 Au 408×10⁻⁹,含 As 1476×10⁻⁶,含 Hg 363×10⁻⁹,含 Ag 0.14×10⁻⁶。

5 结论及讨论

通过对东北夼异常区元素地球化学特征分析可 以看出, Au₃ 异常的组合特征具有与石英滩金矿床 原生晕相同的前缘组合,尾部组合,且各指示元素含



图 8 东北夼 Au₃ 原生晕主因子 $F_2 与 F_3$ 正交投影图 Fig. 8 Orthogonal projection chart of primary halo main factors F_2 and F_3 at Dongbeikuang rock geochemical anomaly

量变化规律也极为相似。前缘元素组合呈强异常, Au 呈中等强度异常,尾部元素(Cu、Bi、Mo)呈弱或 负异常可能反映该段含金石英脉深部存在金的盲矿 体。初步的验证钻孔反映出由地表向深部 Au 含量 逐渐升高(50m 处 Au 品位增至 1.41g/t)的趋势。 由于矿化体产状向下变缓,钻孔中所见的原生晕仍 为前缘晕,同地表的前缘晕强度相似。说明验证钻 孔控制太浅,未超出前缘晕的空间。

岩石地球化学异常评价方法是寻找热液成因的 盲矿或隐伏矿效果较好的方法,它通过对具体的矿



图 9 东北夼 Au₃ 原生晕 F₂ 因子得分图 (因子计量)

Fig.9 Factors scores chart of primary halo of Au₃ rock geochemical anomaly at Dongbeikuang

体、矿床、矿田的元素组合、含量变化、特别是异常发 育特点及其分带特征的分析与研究,建立矿体、矿 床、矿田地球化学异常模式。而利用这种已建立的 具体矿床的异常评价模式寻找和勘查矿床深边部隐 伏矿体具有针对性强,快速定位和准确评价的优点。 是危机矿山的深边部找矿勘查的一种有效而简单实 用的地球化学方法。

[参考文献]

[1] 全国危机矿山接替资源找矿项目办公室技术管理处汇总组. 全国主要固体矿产大中型矿山资源潜力调查资料初步汇总概 述[J].矿床地质,2006,25(增刊);455-458.

Technical Administer office of Crisis Mine, China. The preliminary collection of data from investigation into the potential resources of large – middle mines in China [J]. Mineral deposits, 2006, 25 (Supplement):455–458.

[2] 邹国良. 我国有色金属危机矿山发展对策[J]. 金属矿山, 2007, 12:22-24.

Zou Guo-liang. Countermeasures for development of China's nonferrous metallic mines in crisis [J]. Metal Mine, 2007, 12:22-24.

[3] 袁爱国,王庆飞,徐 浩.国内金属矿产资源供应力的现状与 对策浅析[J].资源与产业,2007,9(2):68-71.

Yuan Ai-guo, Wang Qing-fei, Xu Hao. Analysis of actuality and approaches to the supplying capacity of domestic metal mineral resources [J]. Resources & industries,2007,9(2):68-71.

[4] 杜玉良,汤中立,蔡克勤.资源危机矿山解困思考[J].西北地 质,2005,38(4):60-64.

Du Yu – liang, Tang Zhong-1i, Cai Ke-qin. Thoughts on the problems in the mines facing a resource crisis [J]. Northwestern geology, 2005, 38(4):60–64.

[5] 陈广浩,苏 勇,张湘炳.成矿构造研究法在危机矿山找矿中
 的几个应用实例[J].大地构造与成矿学,2005,29(1):63-70.

Chen Guang-hao, Su Yong, Zhang Xiang-bing. Examples of application of metallotectonic research method to ore prospecting in hazardous ore deposits [J]. Geotectonica et metallogenia, 2005, 29 (1):63-70.

[6] 马 冬,秦仁高. 危机矿山接替资源勘查实践[J]. 有色金属 (矿山部分),2009,61(3):73-74.

Ma Dong, Qin Ren-gao. The practice of prospecting for successive mineral resources in crisis mine [J]. Nonferrous metal (Mine), 2009, 61(3):73-74.

[7] 高延光. 危机矿山接替资源勘查中方法技术战略思考[J]. 中国矿业,2006,15(10):16-18.

Gao Yan-guang. The study of strategic status of methods and technologies in the exploration of replaceable resources of crisis mines [J]. China mining magazine,2006, 15(10):16-18.

[8] 赵鹏大,张寿庭,陈建平.危机矿山可接替资源预测评价若干
 问题探讨[J].成都理工大学学报(自然科学版),2004,31
 (2):111-117.

Zhao Peng-da, Zhang Shou-ting, Chen Jian-ping. Discussion on

prediction and appraisement of replaceable resources of crisis mine [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition),2004, 31 (2):111-117.

[9] 王京彬,王玉往,王莉娟. 矿山找矿-整体勘查概要[J]. 地质与勘探,2006,42(2):1-6.
 Wang Jing-bin, Wang Yu-wang, Wang Li-juan. Comprehensive exploration in the mining area [J]. Coolegy and Exploration 2006.

ploration in the mining area $[\,J\,].$ Geology and Exploration, 2006, 42(2):1–6.

- [10] 吕古贤,郑大瑜,朱裕生. 危机矿山问题的对策研究[J]. 资源
 ·产业,2004,6(4):63-69.
 Lv Gu-xian,Zheng Da-yu,Zhu Yu-sheng. Research on the countermeasures to the resources crisis mines' problems [J]. Resources & Industries,2004,6(4):63-69.
- [11] Agterberg F P, Kelly A M. Geomathematical methods for use in prospecting [J]. Canadian Mining Journal, 1971, 92 (5):61-72.
- [12] 邹光华,欧阳宗圻,李 惠.中国主要类型金矿床找矿模型
 [M].北京:地质出版社, 1996:1-360.
 Zou Guang-hua, Ou Yang zong-xi, Li Hui. Selected papers on exploration models for major types of gold deposits in China[M].
 Beijing:Geological Publishing House, 1996:1-360.
- [13] 刘崇民. 危机矿山找矿的地球化学方法技术研究[J]. 地质与勘探,2002,38(增刊): 227-230.
 Liu Chong-min. A study on geochemical exploration technics and methods for prospecting in the mines of reserve crisis [J]. Geology and Exploration, 2002, 38(Supplement):227-230.
- [14] 丁汝福. 国内外寻找隐伏矿化探新方法研究进展[J]. 地质与勘探,1999,35(2):30-34.
 Ding Ru-fu. Advance on new geochemical exploring technologys for prospecting buried deposit [J]. Geology and Exploration, 1999, 35(2):30-34.
- [15] 王学求.寻找和识别隐伏大型特大型矿床的勘查地球化学理 论方法与应用[J].物探与化探,1998,22(2):81-89.
 Wang Xue-qiu. Geochemical methods and application for giant ore deposits in concealed terrains [J]. Geophysical and Geochemical Exploration,1998,22(2):81-89.
- [16] K Kristiansson, L Malmqvist, W Persson. Geogas prospecting: a new tool in the search for concealed minera-lizations [J]. Endeavour, New Series, 1990, 14 (1): 28-33.
- [17] 刘崇明. 金属矿床原生晕研究进展[J]. 地质学报,2006,80
 (10):1528-1538.
 Liu Chong-min. Progress in studies on primary halos of ore de-

posit [J]. Acta Geological Sinica, 2006, 80(10): 1528-1538.

[18] 李 惠,张国义,禹 斌.构造叠加晕法是危机金矿山寻找接 替资源的有效新方法[J].矿产与地质,2005,19(6):683-687.

> Li Hui, Zhang Guo-yi, Yu Bin. Method of structural overprinting geochemical halo, a new and effective approach to prospecting for succeeding resources in gold deposits with resources crisis [J]. Mineral Resources and Geology, 2005,19(6):683-687.

[19] 王支农,李 惠,张国义.构造叠加晕在某些金矿区深部预测的效果[J].黄金,2003,24(2):10-13.

Wang Zhi-nong, Li Hui, Zhang Guo-yi. Prognostic effect of structural superimposed halos in deep exploration of a certain gold field[J]. Gold,2003,24(2):10-13.

[20] 李 惠,岑 况,沈镛立,吴悦斌,张国义,张连发,禹 斌. 危 机矿山深部及其外围盲矿预测的化探新方法及其最佳组合 [J].地质与勘探,2006,42(4);62-66.

Li Hui, Cen kuang, Shen Yong-li, Wu Yue-bin, Zhang Guo-yi, Zhang Lian-fa, Yu Bin. New geochemical methods and best technique combination for prediction of blind orebody in the deep and surrounding of crisis mines [J]. Geology and Exploration ,2006, 42(4):62–66.

[21] 李 惠,张国义,张连发,禹 斌. 冶金矿区化探新方法、新技术研究的十项成果[J]. 地质与勘探,2005,41(5):48-52.
Li Hui,Zhang Guo-yi,Zhang Lian-fa, Yu Bin. Ten achievements of new geochemical methods and techniques in ore - district of metallurgy system[J]. Geology and Exploration,2005,41(5): 48-52.

 [22] 李强,孙继东,杨兴科,王 磊,郝俊峰.新疆石英滩金矿床 原生晕特征与隐伏矿预测[J].地质与勘探,2005,41(4):66
 -72.
 Li Qiang, Sun Ji-dong, Yang xing-ke, Wang Lei, Hao Jun-feng.

Characteristic of primary halo and prediction of hidden orebody of Shi- yingtan gold deposit in Xinjiang[J]. Geology and Exploration ,2005,41(4):66–72.

- [23] 赵鹏大,胡旺亮,李紫金.矿床统计预测(第二版)[M].北京: 地质出版社,1994;1-314.
 Zhao Peng-da, Hu Wang-liang, Li Zi-jin. Statistical Predication of Mineral Deposits (2nd Edition) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994;1-314.
- [24] 黄薰德,吴郁彦. 地球化学找矿[M]. 北京:地质出版社, 1985:174-182.
 Huang Xun-de, Wu Yu-yan. Geochemical prospecting [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1985:174-182.

Discussions on the Exploration of Replaceable Resources of Resource Exhausted Mines: a Case Study at the Shiyingtan Gold Deposit in Xinjiang

Li Qiang

(School of Geosciences, Yangtze University, Jinzhou 434023)

Abstract: How to find more resources in deep and surrounding areas of the resource exhausted mines is a very urgent task in current mining industry. Based on previous researches and applications, the author studied the Shiyingtan gold mine in ShanShan County, Xinjiang, as a case. The regional metallogenic and geological settings were analyzed, and the rock geochemical data of the mining area was processed and explained. The similarity analogy principle was used to predicate and evaluate the mineralization potential of the deep and surrounding areas of the mine. Compared with the Shyingtan Gold deposit, the Au3 rock geochemical anomaly at Dong Bei–kuang not only has the same composite characteristics of front halo and rear halo, but also has the similar variation rules in element contents and zoning. A test drill hole intersected economic gold mineralization. It is proved that the application of rock geochemical prospecting method to search for concealed ore bodies in deep and surrounding areas of the resource exhausted mines are very effective and of great significance.

Key words: resource exhausted mine, gold deposit, rock geochemical exploration, Shiyingtan, Xinjiang