

江西九江地区丁家山矿区深部和外围地球化学找矿与成矿预测

严如忠¹, 龚 敏^{1,2}, 袁承先¹, 任利民², 闭向阳², 曾键年², 马振东²

YAN Ru-Zhong¹, GONG Min^{1,2}, YUAN Cheng-xian¹, REN Li-min²,

BI Xiang-yang², ZENG Jian-nian², MA Zhen-dong²

1. 江西省地矿资源勘查开发中心, 江西 南昌 330030;

2. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074

1. *Geology and Mineral Resource Exploration and Development Center of Jiangxi Province, Nanchang 330030, Jiangxi, China;*

2. *China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China*

摘要:通过对丁家山矿区外围土壤剖面、土壤汞气和岩石剖面的测量,结合重新编制的丁家山矿区的地质地球化学找矿模型,对丁家山矿区深部和外围进行成矿预测。结果表明,丁家山矿区外围土壤中 Hg、Ag、Au 等元素异常和土壤汞气、热释汞异常明显。异常与下伏侵入的燕山岩脉密切相关,花岗闪长斑岩、石英闪长玢岩侵入及其成矿(矿化)作用是元素成晕的主导机制。将丁家山矿区与城门山矿区对比,认为丁家山矿区及其外围具有较好的成矿前景,应注意在丁家山矿区外围志留系砂岩中寻找银金矿化,在其深部(-500~-1000m)寻找以钼(铜)矿化为主的矿体。

关键词:江西;丁家山矿区;深部和外围;地球化学找矿

中图分类号:P618.5; P618.65; P612

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2011)08-1312-09

Yan R Z, Gong M, Yuan C X, Ren L M, Bi X Y, Zeng J N, Ma Z D. Geochemical exploration and metallogenic prediction in the depth and outskirts of the Dingjiashan ore district, Jiujiang area, Jiangxi Province. *Geological Bulletin of China*, 2011, 30(8): 1312-1320

Abstract: Through the measurement of soil profile, soil mercury gas and rock profile in the outskirts of the Dingjiashan ore district and the re-establishment of the geological and geochemical exploration model, the authors made the metallogenic prediction in the depth and outskirts of the ore district. The results show that there exist obvious Hg, Ag, Au soil anomalies and soil mercury gas anomalies as well as heat-released mercury anomalies, which are evidently in close relation to the Yanshanian intrusive dykes, intrusions and mineralization of granodiorite porphyry, with quartz diorite porphyry being the dominant mechanism of the anomalies. A comparison with the Chengmenshan ore district shows that there exist good metallogenic prospects in the depth and outskirts of the Dingjiashan ore district. It should be noted that silver-gold mineralization in Silurian sandstone is likely to be found at the periphery of the Dingjiashan ore district whereas molybdenum (copper) mineralization might be found in the depth (-500 to -1000 m).

Key words: Jiangxi; Dingjiashan ore district; depth and periphery; geochemical exploration

近年来,随着中国矿产资源供应的日益短缺^[1-3],寻找新的资源成为国家的战略目标,在“十一五”规划期间开展的“探边摸底”已取得了一系列重要的成

果,老矿区深部、外围找矿已成为当前成矿学和成矿预测学的科学前沿和研究重点^[4-10]。

2006 年以来,在开展城门山-丁家山深部、外围

收稿日期:2010-05-31;修订日期:2011-07-18

资助项目:中国地质调查局《资源与环境地球化学勘查与评价方法技术研究和推广》子项目(编号:1212010660404)

作者简介:严如忠(1968-),男,高级工程师,从事地球化学矿产勘查与资源评价研究工作。E-mail:798893419@qq.com

找矿的过程中,在城门山矿区深部(-500~-1000m)预测存在近 16×10^4 t 的钼矿资源量,在城门山矿区南侧志留系砂岩中发现了联盟银金矿化点,为九江—瑞昌地区铜矿区深部和外围找矿提供了崭新的思路^①。

丁家山铜矿位于城门山与武山 2 个大型铜矿之间,它们的成矿地质条件基本相同^[11-14]。丁家山铜矿浅部是产在花岗闪长斑岩中受到裂隙控制的脉状铜多金属矿体,丁家山花岗闪长斑岩深部及其西侧长埂山、钻天山钻孔原生晕 Cu-Mo 元素组合与城门山矿化特征相似;另外,矿区南部古近系砂砾岩不整合面之下志留系砂岩中铜的“三带”(氧化带、次生富集带、原生带)发育。其深部是否存在城门山式的多位一体的铜矿床呢?其外围是否有银金矿体呢?这些都是几代找矿人存在的疑惑和思索的问题。然而,由于种种因素,这些疑惑一直未能解答。本文在综合分析前人资料的基础上,在丁家山矿区外围进行了土壤剖面地球化学测量、土壤壤中汞气和岩石原生晕剖面测量,重新编制了丁家山矿区及外围的地质地球化学找矿预测模型,进而对丁家山矿区深部及外

围进行成矿预测。

1 矿床地质特征

丁家山矿区位于大浪—丁家山背斜的东端,发育地层有志留系—三叠系、古近系及第四系,从背斜轴部向两翼依次出露志留系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系,古近系分布在 F_7 断裂以南的断陷盆地中。地层走向为北东 60° ,在丁家山北东段地层走向转为北东 30° 展布。志留系、泥盆系为碎屑岩,石炭系、二叠系、三叠系以碳酸盐岩为主,古近系为红色砂砾岩(图 1)。

燕山期石英闪长岩、花岗闪长斑岩以小岩体、岩墙、岩脉等产出,丁家山—长埂山花岗闪长斑岩岩墙北侧与志留系砂页岩呈侵入接触,南侧为 F_7 断层所破坏,上部与古近系砂砾岩呈断层接触,红层盆地(厚约 500m)下部地质体空间分布格局不明。长埂山至钻天山一带,石英闪长玢岩主要以岩脉群产出在志留系砂页岩中的裂隙带内,蚀变矿化强烈。在丁家山、列石山花岗闪长斑岩中形成了斑岩型铜、钼矿化,在长埂山南侧的叶家垅形成了次生氧化富集铜

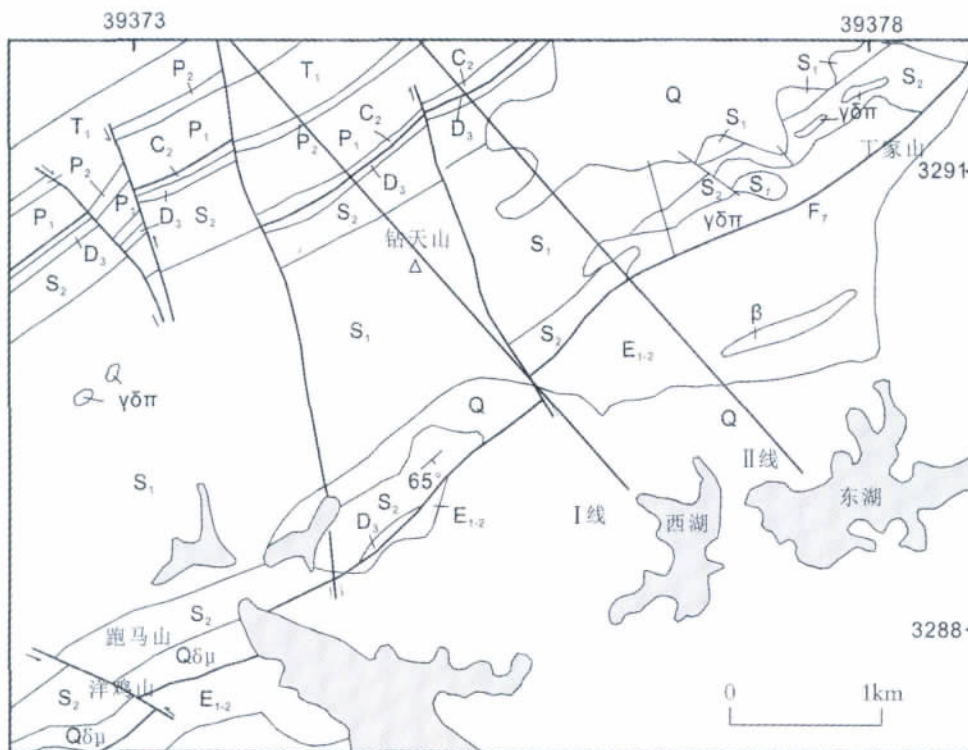


图 1 丁家山地区地质构造略图(原始资料来自于参考文献①)

Fig. 1 Geological sketch map of the Dingjiashan ore district

T_1 —下三叠统; P_1 —下二叠统; C_2 —中石炭统; D_3 —上泥盆统; S_3 —上志留统; S_2 —中志留统; S_1 —下志留统;

E_{1-2} —古近系; Q —第四系; $\gamma\delta\pi$ —花岗闪长斑岩; $Q\delta\mu$ —石英闪长玢岩; β —辉绿岩

矿体,丁家山、列石山、叶家垅 3 个矿段构成了中型铜矿床。

丁家山地区气候湿热,年平均温度 15.5~17℃,年降水量 1150~1450mm,雨量充沛,阳光充足,夏季酷热,冬季湿冷。属湿润中低山丘陵景观,地形舒缓,水系湖泊发育,大面积为第四系和湖区所覆盖(图 1)。

2 样品采集与测试分析

本次工作布置了 2 条平行的土壤剖面,剖面线方向 328°,其中 1 线靠近西侧,长 5km(共 61 个样品),2 线位于东侧,长 5.1km(共 61 个样品)(图 1),并系统采集了 1 条岩石剖面(共 29 件样品)。土壤样品采集时严格按照测线点距 20~40m,采样深度平均 40~50cm(以采集到原生风化土壤 B₂ 层为准),按五点梅花混合采样的原则进行,土壤样品使用塑料袋和锡皮纸袋密封后送实验室分析。

样品共送 2 个测试单位,其中土壤壤中 Hg、热释 Hg 分析由中国地质大学(武汉)测试完成;土壤、岩石测试分析了 Cu、Pb、Zn、Au、Ag、As、Sb、W、Sn、Bi、Mn、Mo、Hg 共 13 个元素,由中国地质科学院地球物理地球化学研究所(国土资源部勘查地球化学质量监督检测中心)测试。对于数据的准确度用国家

一级标样(GSR、GSD、GSS)进行控制,精密度用重复样进行控制,另每批样品中插入密码样进行外部控制,样品测试数据质量可靠。

3 结果与讨论

3.1 土壤剖面地球化学特征

1 线、2 线位于丁家山铜矿外围西南延伸方向,介于丁家山铜矿与洋鸡山金矿之间(图 1)。剖面两端为第四系湖积物所覆盖,中间正地形为背斜核部的志留系砂岩,北翼地层依次为泥盆系—三叠系,北翼地层倒转,南倾,倾角 60~80°,劈理极为发育,往往掩盖层理,南翼与古近系砂砾岩呈断层接触。表 1 所呈现的是丁家山外围元素特征参数。

(1)Cu、Mo 元素的背景值分别为 21.18×10^{-6} 、 0.66×10^{-6} ,与区域背景值基本相近,其异常下限分别为 29.19×10^{-6} 、 1.12×10^{-6} 。

(2)外带元素组合 Pb、As、Bi、Sb 等异常明显,元素的最大值为其背景值的 5~15 倍,显示出明显的矿区外带元素组合异常。

(3)土壤中 Hg、Ag、Au 元素异常凸显,Ag、Au 的背景值分别为 42.70×10^{-9} 、 2.22×10^{-9} ,异常下限分别为 61.99×10^{-9} 和 3.90×10^{-9} ,元素的最大值为其背景值的 5~15 倍。

表 1 丁家山矿区外围土壤地球化学特征

Table 1 Soil geochemical characteristics around the Dingjiashan ore district

元素	背景值	标准差	异常下限	平均值	最小值	最大值	区域背景值
Hg	53.80	23.23	100.26	70.26	14.87	388.34	
Au	2.22	0.84	3.90	4.19	0.30	33.18	2.1
Ag	42.70	9.64	61.99	61.86	22.00	267.00	48
As	8.31	2.18	12.67	10.76	3.75	42.76	10.5
Sb	0.89	0.17	1.23	1.27	0.51	12.43	0.87
Bi	0.32	0.08	0.48	0.44	0.16	5.24	0.38
Cu	21.18	4.00	29.19	22.60	11.52	110.97	
Pb	21	3	27	23.24	13.31	80.25	21.6
Zn	55.97	10.50	76.98	56.20	28.41	88.81	63.1
Mo	0.66	0.23	1.12	1.05	0.25	18.80	0.42
Mn	480	226	932	493	97	1466	
W	1.96	0.27	2.50	2.10	1.18	3.83	
Sn	3.69	0.73	5.15	3.84	2.14	9.96	

注:背景值为剔除 3 倍离差之后的算术平均值;平均值、最大值、最小值为原始数据未剔除异常值时计算所得;Ag、Au、Hg 单位为 10^{-9} ,其它为 10^{-6} ;区域背景值以 1989 年原地矿部第一物探队在九江幅开展的 1:5 万土壤测量数据为参考值

(4)对土壤各成矿元素的因子(主成分)分析表明, F_1 因子 As、Hg、Sb、Bi、W、Mn 和 F_4 因子 Zn 均为 F_3 因子 Cu、Mo 矿化伴生元素组合,而 F_2 因子 As、Pb、Ag、Au 是丁家山铜矿外围的另一类矿化类型——侵入在围岩(砂岩、灰岩)裂隙中的含矿花岗闪长斑岩岩脉 Au、Ag 矿化所致(图 2)。

从元素异常剖面图(图 2)来看,线剖面 Ag、Au 元素异常区(14~24 号样点和 28~41 号样点之间)下伏地层均为志留系下统龙马溪组砂页岩,异常出现在背斜核部的两侧,砂页岩中构造裂隙发育,岩石破碎,侵入有花岗闪长斑岩、石英闪长玢岩岩脉,岩石蚀变(硅化)强烈,黄铁矿化(褐铁矿化)普遍;线剖面 Ag、Au 元素的异常主要出现在 20~24 号样点之间,同时伴生有 As、Sb、Bi、Mo、Cu、Pb 元素的组合异常和 Mn 元素的负异常,Ag、Au 最高值可达 180×10^{-9} 、 22×10^{-9} (21 号样点),为背景值的 5~10 倍,Ag、Au 元素异常区对应于花岗闪长斑岩侵入部位。

3.2 土壤汞气地球化学特征

本区第四系堆积物(湖积物)覆盖面积广,城门山矿区的试验表明:壤中 Hg 气、土壤热释 Hg 可以很好地示踪覆盖物下的矿化和断裂带的信息^[15]。为此,在丁家山矿区外围土壤剖面测量的同时,同点进行了壤中 Hg 气和热释 Hg 的测量,各参数见表 2。从表 2 可知,壤中 Hg、热释 Hg 的背景值分别为 19.29 ng/m^3 、 1.27×10^{-9} ,异常下限为 48.51 ng/m^3 、 3.00×10^{-9} ,最大值分别为背景值的 35 倍和 15 倍。

从线、线剖面壤中 Hg 气、土壤热释 Hg 含量的分布来看,热释 Hg、壤中 Hg 气异常除出现在上述 Ag、Au 含量异常区域外,在断裂带(9 号、50 号样点)处也有明显异常。值得注意的是,在线北侧张家湾—朱家咀一带(原为湖区),土壤中出现的壤中 Hg 气、热释 Hg 异常,很可能为湖积物覆盖下侵入于三叠系灰岩中的石英闪长岩、闪长岩的蚀变矿化(硫化物)所致。

从 2 条土壤剖面 Ag、Au 及伴生元素的异常和 Hg 气异常所对应的地质体来分析,花岗闪长斑岩、石英闪长玢岩侵入和期后的成矿(矿化)作用是元素成晕的主导机制。

3.3 岩石剖面地球化学特征

为了进一步证实 Ag、Au 矿化的存在,本次工作在长埂山东侧测量了 1 条岩石原生晕剖面(修公路开拓出的岩石剖面)。剖面岩性主要为志留系砂岩,

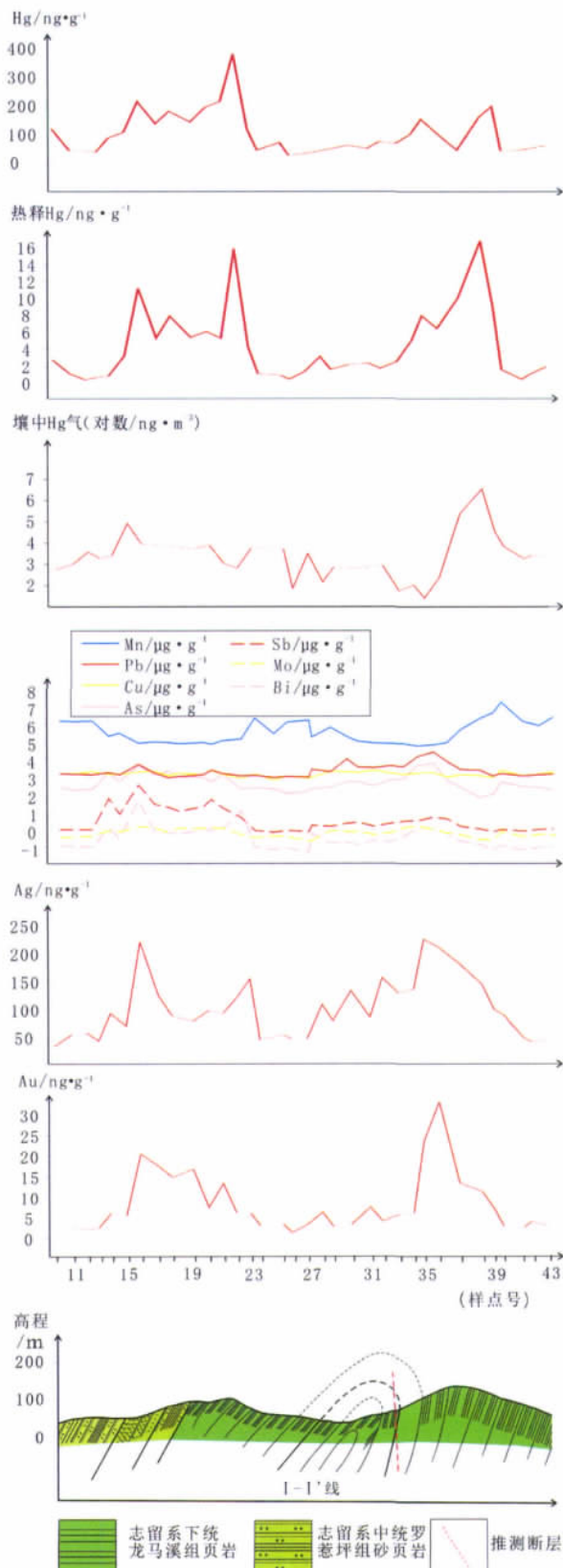


图 2 丁家山矿区外围 I 线土壤地球化学图

Fig. 2 Soil geochemical section along Line I

on the outskirts of the Dingjiashan ore district

表 2 丁家山矿区外围土壤汞气地球化学特征

Table 2 Soil mercury gas geochemical characteristics on the outskirts of the Dingjiashan ore district

元 素	背景值	标准差	异常下限	中带下限	内带下限	平均值	最小值	最大值
壤中 Hg 气/ng·m ⁻³	19.29	14.61	48.51	97.02	194.04	52.53	3.48	690.2
热释 Hg/10 ⁻⁹	1.27	0.86	3.00	6.00	12.00	2.28	0.22	16.76

表 3 丁家山矿区外围岩石剖面元素地球化学特征

Table 3 Rock geochemical characteristics on the outskirts of the Dingjiashan ore district

样号	长度	岩性	Hg	Au	Ag	As	Sb	Bi	Cu	Pb	Zn	Mo	Mn	W	Sn
C-R-1 至 9	44m	粉砂岩 (S _{3s})	41.9	13.7	177	78.1	4.4	0.9	62.4	94.4	39	0.3	153	4.4	2.4
C-R-10 至 11	6m	破碎带灰绿 色粉砂岩	104.7	23.0	233	119.7	5.2	1.4	101.1	104.3	53	0.3	86	4.3	2.7
C-R-12 至 13	10m	粉砂岩 (S _{3s})	153.7	30.2	263	134.4	6.1	3.0	109.3	183.5	54	0.2	98	4.1	3.3
C-R-14	2m	褐铁矿化 砂岩(S _{3s})	19.9	22.5	158	29.5	3.2	0.8	174.2	342.0	97	0.3	112	4.6	3.7
C-R-15	1m	花岗闪长 斑岩岩脉	29.9	9.6	174	25.5	8.3	0.1	102.3	2090.5	56	0.6	100	20.4	0.6
C-R-16	2m	硅化砂岩 (S _{3s})	24.4	6.2	278	16.5	1.3	1.0	59.3	156.1	344	0.4	146	3.3	1.7
C-R-17 至 29	65m	粉砂岩 (S _{3s})	151.8	11.5	721	45.7	6.1	1.3	42.6	64.7	41	0.2	119	3.6	3.1

注: Hg、Ag、Au 含量为 10⁻⁹, 其它元素为 10⁻⁶; S_{3s} 为上志留统纱帽组

其中有花岗闪长斑岩岩脉侵入,宽度约 1m,两侧围岩强烈硅化、褐铁矿化,其地球化学特征见表 3。

由表 3 可知,W、Pb 元素高值位于花岗闪长斑岩岩脉内,Cu、Zn 元素在岩脉接触带的硅化砂岩中稍高,Au、Ag 元素高含量则分散在两侧砂岩破碎带中(图 3)。从元素表生地球化学性质分析,Cu、Ag、Zn 等元素存在淋滤流失现象。

丁家山矿区外围钴天山矿化点的成矿成晕特征与城门山铜矿南侧的联盟银、金矿化点极为相似(表 4),在长江中下游铜多金属成矿带中的贵池地区也发现了产于志留系砂岩中的抛刀岭金矿^[16]。因此,在九江—瑞昌矿田乃至整个长江中下游地区铜(钼)矿床外围志留系砂岩中寻找金、银矿化点这一找矿模式应成为指导本区进一步工作的重要思路。

3.4 深部和外围成矿预测

丁家山铜矿位于城门山—武山大型铜矿区之间

的北西向构造交结点上,是岩浆活动和成矿作用的有利构造部位。

(1)在丁家山矿区西侧的列石山矿段发育有爆破角砾岩(走向长约 900m),产于花岗闪长斑岩、石英闪长岩与志留系砂页岩的接触带,爆破角砾岩明显晚于前两者。

(2)爆破角砾岩主带宽 30~65m,沿爆破角砾岩主轴线往两侧钾硅化强烈,蚀变带宽几百米,铜、钼矿化分布在爆破角砾岩内及两侧,往外以银、金、铅、锌矿化为主,见图 4。

(3)少量钻孔资料显示,浅部以铜矿化为主,局部铜品位可达 0.2%~0.98%;深部以钼矿化为主,富集地段钼达工业品位(0.04%~0.06%),与城门山铜矿爆破角砾岩蚀变矿化特征极为相似。

(4)丁家山外围钴天山一带地表志留系砂页岩中分布着中酸性岩脉群,围岩裂隙、劈理发育,岩石



图 3 丁家山矿区外围岩石剖面元素地球化学特征

Fig. 3 Rock geochemical characteristics on the outskirts of the Dingjiashan ore district

表 4 丁家山与城门山矿区外围矿化点特征对比

Table 4 Comparison of the mineralized spot characteristics on the outskirts of the Dingjiashan ore district and the Chengmenshan ore district

矿 区	城门山铜矿外围			丁家山铜矿外围		
成矿地质条件	位于长山—城门山背斜的核部。核部出露地层为志留系中统罗惹坪组和上统纱帽组砂页岩。地层走向北东东，倾向北西西，倾角 50~70°。在背斜核部破碎带中贯入了花岗闪长斑岩岩脉带，岩脉走向与地层走向基本一致，横贯全区，长几百米—上千米不等，宽十几到几十米，倾向北北西，倾角较陡（70~80°）			位于大浪—丁家山背斜核部及两翼。本区发育志留系—三叠系、古近系及第四系。从背斜轴部向两翼依次出露志留系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系。古近系分布在 F ₇ 断裂以南的断陷盆地中。地层走向为北东 60°，在丁家山北东段转为北东 30°展布。燕山期石英闪长岩、花岗闪长斑岩以小岩体、岩墙、岩脉等侵入于志留系砂页岩		
矿化特征	岩脉两侧的围岩蚀变矿化较强。蚀变以硅化为主，矿化为黄铁矿化（褐铁矿化）、黄铜矿化（孔雀石），钻孔中银矿化较好			岩脉两侧的围岩蚀变矿化较强。蚀变以硅化为主，矿化为黄铁矿化（褐铁矿化），钻孔中具黄铁矿化，偶见辉钼矿、闪锌矿矿化，见银矿体		
元素异常组合特征	异常出现在岩脉两侧，以 Au、Ag 异常为主，伴生 As、Sb、Bi、Hg、Mo、Cu、Pb 的组合异常和 Mn 的负异常，并具有土壤壤中 Hg 气和热释 Hg 的异常出现			异常出现在岩脉两侧，以 Au、Ag 异常为主，同时伴生 As、Sb、Bi、Hg、Mo、Cu、Pb 的组合异常和 Mn 的负异常，并具有土壤壤中 Hg 气和热释 Hg 的异常出现		
元素	背景值	异常下限	最大值	背景值	异常下限	最大值
Au	4.5	9.7	1213.0	2.2	3.9	33.2
Ag	228	604	3485	43	62	267
Hg	65	97	202	54	100	388
Cu	24	36	57	21	29	111
Pb	38	78	610	21	27	80
As	15.0	25.0	115.6	8.3	12.7	42.8
Sb	2.4	5.2	21.5	0.9	1.2	12.4
Bi	0.42	0.74	9.24	0.32	0.48	5.24
Mo	0.72	1.00	2.51	0.66	1.12	18.80
Mn	447	1053	2044	480	932	1466
壤中 Hg	276.6	779.9	1188.3	19.3	48.5	690.2
热释 Hg	9.2	19.0	20.8	1.3	3.0	16.8

注：Au、Ag、Hg 含量的单位为 10⁻⁹，其它元素为 10⁻⁶，壤中 Hg 为 ng/m³

破碎，硅化蚀变强烈。地表具 Cu、Mo、Pb、Zn、Ag、Au 岩石原生晕异常，异常出露面积大，Cu、Au 元素异常内、中、外带分带清晰。

综合来看，与城门山铜矿类比，推测丁家山矿区及外围有较好的成矿前景：0~500m 具含铜黄铁矿矿体及斑岩型铜、钼矿化，应注意在丁家山外围

浅部(0~500m)志留系砂页岩中寻找银金矿化；深部(-500~-1000m)应注意寻找以斑岩型、矽卡岩型钼(铜)矿化为主的矿体。

4 结 论

(1)丁家山矿区外围土壤中 Hg、Ag、Au 等元素

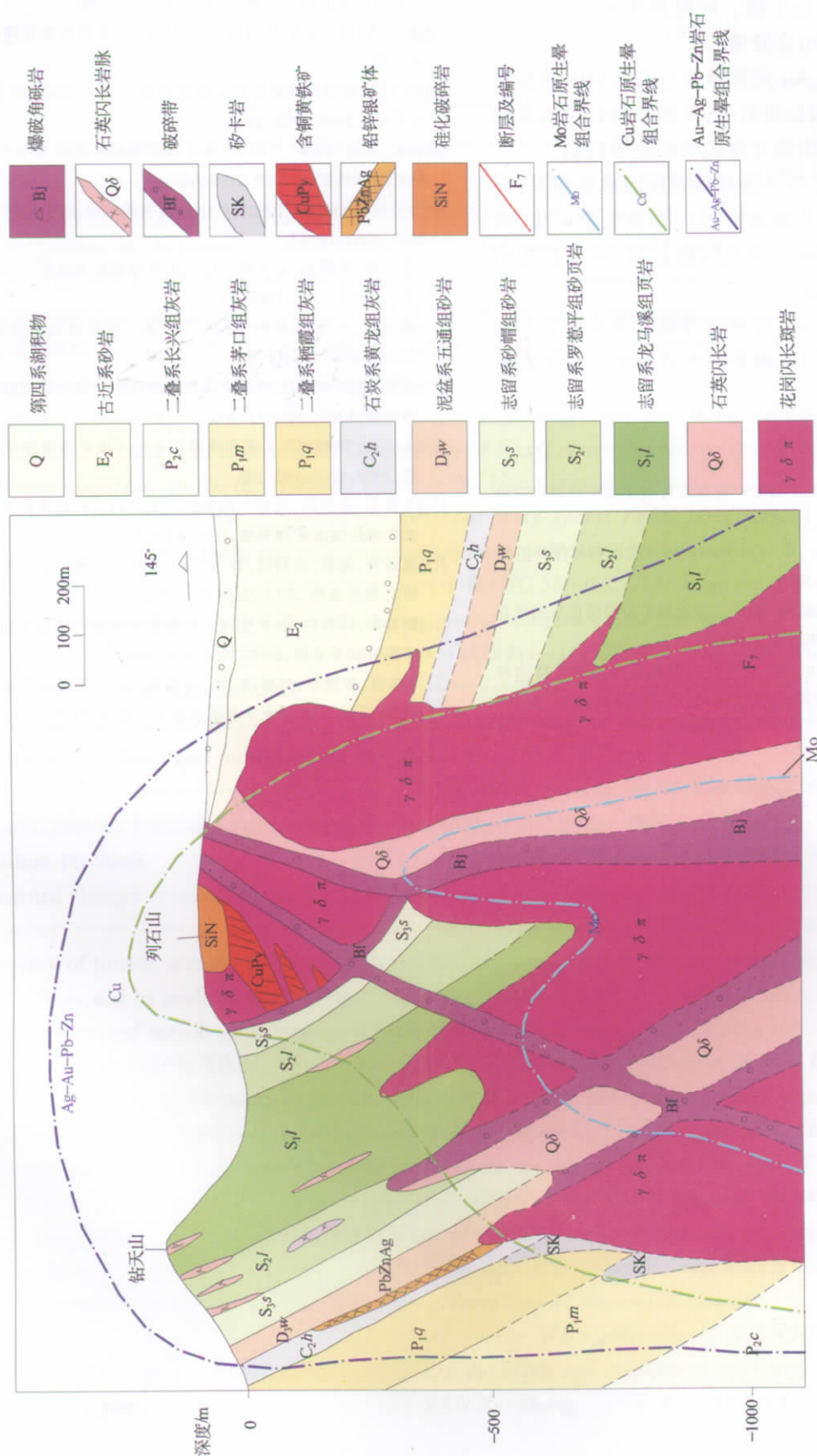


图 4 丁家山矿区深部和外围预测图(据参考文献①修改)

Fig. 4 Prognostic map of the depth and the outskirts of the Dingjiaohan ore district

异常和土壤中汞气、热释汞异常明显,元素的最大值为其背景值的几至数十倍,同时伴生有 As、Sb、Bi、Mo、Cu、Pb 元素的组合异常。

(2)土壤中 Ag、Au 元素异常与燕山期中酸性岩脉密切相关,花岗闪长斑岩、石英闪长玢岩侵入及期后的成矿(矿化)作用是元素成晕的主导机制。

(3)丁家山矿区及外围具有较好的成矿前景,应注意在丁家山外围志留系砂岩中寻找银金矿化,在其深部(-500~-1000m)寻找以斑岩型、矽卡岩型钼(铜)矿化为主的矿体。

致谢:在城门山工作期间得到赣西北地质大队和江西铜业集团城门山铜矿的大力帮助,在此表示衷心的感谢。

参考文献

- [1]陈毓川,常印佛,郑绵平.中国矿产资源形势与实现可持续供应的对策[J].矿床地质,2002,21(增刊):1-3.
- [2]朱裕生,郑大瑜,韦昌山,等.矿山危机程度评价的指标体系[J].资源产业,2004,6(4):28-30.
- [3]吕古贤,曾绍金,郑大瑜,等.我国主要金属矿山资源危机程度评价[M].北京:中国大地出版社,2004.
- [4]刘国平,汪东波,祝新友,等.生产矿山深部及外围找矿潜力巨大——夹皮沟金矿区勘查历史的启示[J].地质与勘探,2001,2:37-40.
- [5]张宝林,蔡新平,韩金良.资源危机金矿深部与外围找矿前景的若干判别标志[J].地质与勘探,2001,45(3):44-46.
- [6]郭全.金窝子金矿外围找矿方向探讨[J].新疆有色金属,2007,(增刊):77-81.
- [7]田文东.南河沟铜矿床控矿特征及外围找矿分析[J].有色金属(矿山部分),2008,60(2):28-30.
- [8]郭彬,李威,刘帅.三山岛-仓上成矿带控矿规律与深部外围找矿研究[J].现代矿业,2009,2:95-96.
- [9]李启瑞.找矿标志在危机矿山外围找矿的应用[J].中国西部科技,2009,8(11):16-17.
- [10]张原庆,宋炳忠,王玉福,等.矿山外围找矿方法探讨[J].地质找矿丛论,2009,24(2):106-111.
- [11]黄恩邦,张乃堂,罗钊生.城门山、武山铜矿床成因[J].矿床地质,1990,9(4):291-300.
- [12]贾伟.江西城门山、武山矿区块状硫化物型铜矿成因新探讨[J].江西地质,1999,13(1):33-37.
- [13]王金火.江西九江丁家山铁帽型金矿床成矿地质特征[J].江西地质,1998,12(3):182-188.
- [14]吴良士,余忠珍.江西九瑞地区中生代两次构造事件及其对成岩成矿的控制[J].矿床地质,1999,18(2):129-137.
- [15]董金秀,龚敏,任利民,等.江西九江城门山铜矿汞气测量找矿方法[J].地质通报,2010,(2/3):421-426.
- [16]赵德奎,汪梅生,朱永胜,等.安徽省贵池抛刀岭金矿地质特征及成因[J].安徽地质,2009,19(2):107-110.
- ① 马振东,曾键年,刘修国,等.江西城门山-丁家山铜矿床深部外围“三维多元”地球化学找矿方法研究报告.2009.