基于斑岩成矿体系结构的深部找矿预测))) 以鄂东丰山铜金矿田为例

舒广龙[1], 马诗敏[1], 刘继顺[2]
(1. 沈阳地质矿产研究所, 沈阳 110032; 2 中南大学, 长沙 410083)

[摘 要]深部找矿预测已成为当前成矿学和成矿预测学的科学前沿和研究重点。近年来, 在丰山矿田找矿研究中, 不但发现了卡林型金矿和一些新的找矿线索, 而且还取得一些对矿田成矿的新认识。这些新发现和新认识, 为建立完善的斑岩成矿体系三维准实体模型和深部找矿预测提供了新的机遇和条件。矿田包括夕卡岩型铜金矿、斑岩型铜钼矿、热液脉型多金属(金)矿和卡林型金矿等矿床类型, 它们常与燕山期花岗闪长斑岩相伴, 是在同一成矿系统中形成的斑岩成矿系列, 松弛化的推覆构造控制矿田成岩成矿作用。矿田斑岩成矿体系结构在矿床类型等方面具有明显的分带性, 利用这种分带性, 优选找矿靶区和找矿方法, 确定找矿靶位, 经工程验证于深部发现铜金工业矿体。

[关键词]斑岩成矿体系 深部找矿 丰山矿田 鄂东
[中图分类号]P612; P618. 41 [文献标识码]A [文章编号]0495- 5331(2007)02- 0001- 07

0 引 言

丰山矿田主要由丰山(封山洞)铜矿、鸡笼山金铜矿和李家湾铜矿组成, 矿床均产于燕山期花岗闪长斑岩体与三叠纪碳酸盐岩地层的接触带附近, 主要系接触交代作用形成的。其地理坐标为东经 115b20c~ 115b30c, 北纬 29b42c~ 29b52c, 面积为 100余 km^2。矿田大规模的找矿勘查工作始于 20世纪 60年代, 结束于 80年代末。其间取得了丰硕的找矿成果, 共探获 C+ D级铜储量大于 70万 t, 金储量大于 60t[1]。但此后矿田的找矿勘查工作进入了徘徊不前的状态。纵观以往钻探工程的布设不难发现, 几乎所有的钻孔都是针对矿田斑岩体与大冶组接触带布设的, 即勘探范围没有突破斑岩体的接触带, 这与当时对该区成矿认识有直接关系。矿田勘探期间, 取得了一些对成矿的认识, 它对当时的勘探工作起到了积极的指导作用。其主要观点有: ¹ 中酸性岩体侵位于/阳山)苗母山(或称鸡笼山)复式倒转向斜[2] 0的核部, 丰山以南地层普遍/倒转0且重复出现是由次级线性/倒转乃至翻转褶皱[3] 0引起; º 丰山岩体形态为蘑菇状[4- 6], 岩脉系倒灌形成[1]; » 矿床成因类型以夕卡岩型或夕卡岩- 斑岩型为主, 受岩体接触带构造控制[2- 6]; ¼ 矿区角砾岩主要为隐爆角砾岩, 它与角砾岩型- 斑岩型矿化关系密切[3, 5]; ½ 成矿物质(包括介质水)主要来自上地幔或下地壳, 下三叠统大冶组碳酸盐岩是成矿有利围岩[3]。

尽管多年来一些地质工作者在矿田各矿区外围进行了种种找矿尝试, 发现的蚀变矿化和物化探异常已显示出矿田仍具有良好的找矿前景[7], 但业已形成的成矿认识和勘查模式束缚了人们在该区的找矿手脚。受大冶有色金属公司委托, 2001) 2004年间, 笔者在丰山矿田从事 5丰山铜矿成矿规律及隐伏矿体定位预测研究 6项目过程中, 拓宽找矿思路, 把矿田视为统一的成矿体系, 在综合分析大量地、物、化、遥、采等资料的基础上, 对地表及坑道进行了广泛而深入的调研。地表路线地质调查的范围西起曹家山东至黄家塘、南起余家湾北至李家湾。详细调研了余家湾) 李家湾主干剖面, 实测了丰山南山 21条剖面。调研过程中, 不但发现了颇具找矿前景的卡林型金矿[8- 11], 而且对矿田成矿取得了诸多新认识。基于这些新认识和新发现, 建立了矿田斑岩

[收稿日期]2006- 01- 11; [修订日期]2006- 05- 30; [责任编辑]曲丽莉。
[基金项目]国家自然科学基金项目(编号: 40072032)资助。
¹ 中南冶金地质勘探公司 604队. 湖北阳新封三洞矿区最终地质报告, 1973.
[第一作者简介]舒广龙(1961年), 男, 2004年毕业于中南大学, 获博士学位, 高级工程师, 现主要从事矿床地质研究工作。

成矿体系的三维准实体结构模型, 并将其应用于丰山南山优选靶区的定位预测, 经钻探验证见富而厚大的金铜工业矿体。

1 成矿新认识

111 矿田地质概况

丰山铜金矿田 (图 1)处于淮阳隆起与江南隆起之间的下扬子坳陷带内。矿田中部出露地层主要为三叠系大冶组, 向其南北两侧依次对称分布有二叠系、石炭系、泥盆系和志留系。地层总体均向南倾斜, 为一套巨厚的以海相为主的碳酸盐岩 - 碎屑岩建造。下三叠统大冶组为矿田赋矿地层, 分 7个岩性段 ($T_1dy^{1\sim 7}$)。矿田构造复杂, 构造线总体呈 NW) NWW 向, 西部撒开, 东部收敛。燕山期侵入岩集中分布于矿田中部, 呈岩株、岩脉状, 岩性主要为花岗闪长斑岩。

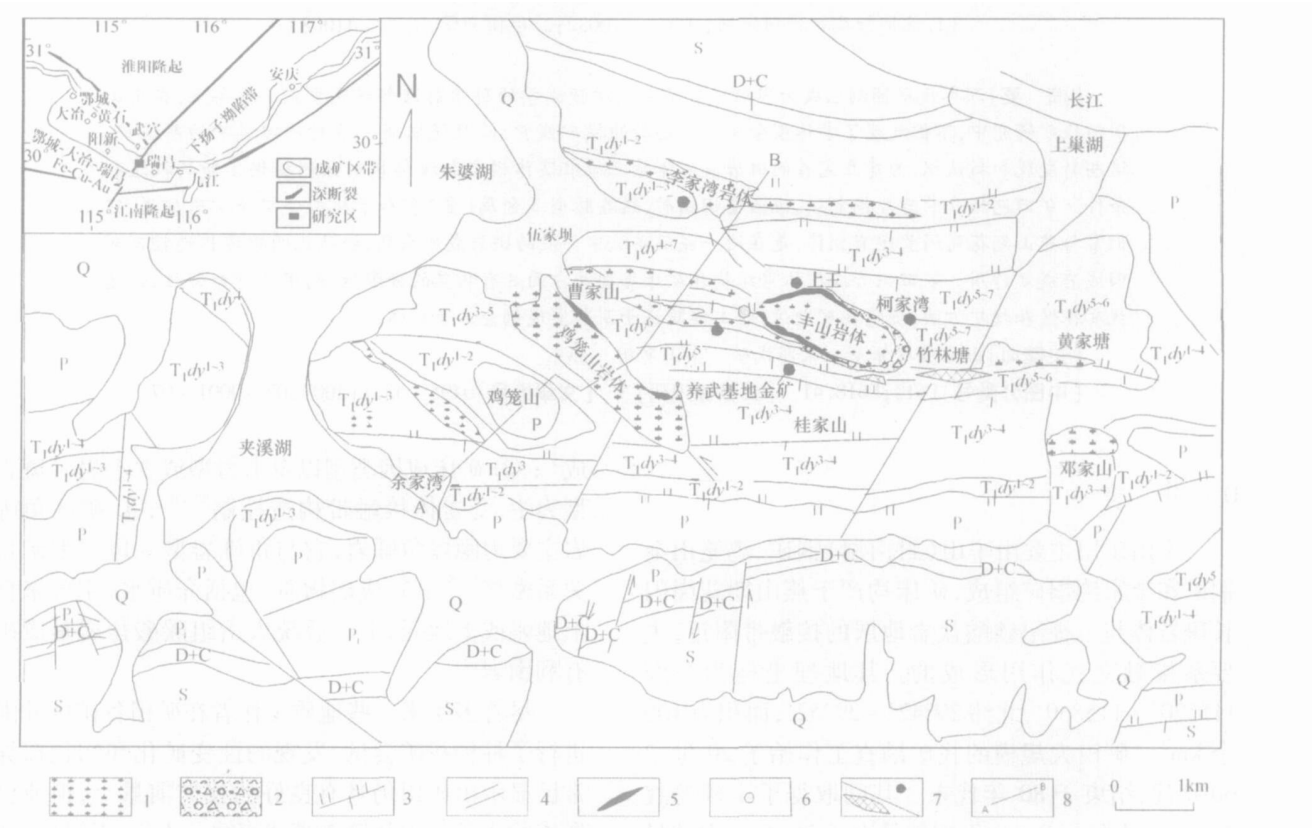


图 1 丰山矿田地质图

(据中南冶金 604队, 有改动)

Q) 第四系; $T_1dy^{1\sim 7}$) 大冶组碳酸盐岩夹黑色页岩; P_2、P_1) 二叠系灰岩夹碳质页岩及硅质岩; D+ C) 泥盆系和石炭系砂岩、页岩; S) 志留系砂岩、页岩; 1) 花岗闪长斑岩; 2) 隐爆角砾岩; 3) 叠瓦状断层; 4) 断层或推断断层; 5) 夕卡岩型铜 (金) 矿体; 6) 隐伏热液脉型多金属 (金)矿体; 7) 卡林型金矿体 (点); 8) 地质剖面位置

112 成矿新认识

1) 早三叠世末期该区发生强烈的推覆造山使同生断裂被改造, 并形成多层次推覆构造[8]。丰山矿田处于推覆构造的前锋, 由南而北的推覆作用, 在该区形成南缓 (断坪带)、北陡 (断坡带)的大型叠瓦状构造。推覆作用造成丰山以南新老倒置和部分重复出现的 P) T_1 地层构成推覆构造的外来系统, 而不是/阳山) 苗母山复式向斜 0的倒转翼, /紧密线性倒转或翻转褶皱 0实为叠瓦状构造。深断裂及松弛化的叠瓦状断裂等构造系统控制了燕山期岩浆 - 成矿作用。

2) 否定了前人丰山岩体呈简单蘑菇状, 岩脉系倒灌形成的认识[8]。根据钻孔和坑道资料, 系统绘制出丰山岩体 4个纵剖面图和不同中段平面图, 对岩体深部形态重新厘定。结果显示, 向深部岩体赋存空间不但没有减小, 反而有变大且具有与鸡笼山岩体等侵入体相连接的趋势。认为矿田侵入体具有/二层结构 0, 同源同根。这一推测得到遥感解译、大地电磁测深和钻探结果的支持。由此认为, 李家湾与鸡笼山之间岩脉 (体) - 断裂构造发育地段, 均为成矿有利地段, 这大大扩展了找矿空间。

3) 矿田大部分角砾岩为爆破角砾岩, 爆破角砾岩可作为找矿标志。由爆破中心向外随着爆破应力的减弱依次出现爆破角砾岩 (包括贯入角砾岩脉) y 震碎角砾岩y 震裂角砾岩。

4) 基于对卡林型金矿赋矿地层的研究, 发现赋矿地层中的黑色薄层状、纹层状不纯碳酸盐岩 (层位主要为大冶组第五、六段), 富含有机碳和显微球状黄铁矿 ($D^{34}S$= - 71330j ~ - 71393j)及 Au等成矿有用物质, 是可为成矿提供成矿物质的矿源层。有关稀土元素、同位素和微量元素测试结果也支持这个结论[8- 9]。

5) 矿田斑岩成矿体系包括夕卡岩型铜金矿、斑岩型铜钼矿、热液脉型多金属 (金)矿[12]、卡林型金矿等 4种矿床 (矿体、矿石)类型, 地质地球化学特征[8- 9]表明, 它们为同一斑岩成矿体系[13]形成的斑岩成矿系列[14]。研究表明, 矿田斑岩成矿系列的热液水主要来自大气降水, 成矿物质主要来自矿源层, 部分来自地幔或下地壳[8]。

2　斑岩成矿体系结构

矿田斑岩成矿体系的结构是指斑岩体的结构及相对于斑岩体所形成的矿化、矿物、蚀变和地球化学在三维空间的分带。 Sillitoe R H 等 (1990)建立了理想化斑岩成矿体系模型, 它包含了分布于岩体接触带、岩体上部和离岩体较远处浅部的 9种不同成矿类型[15]。 Jones B K(1992)提出的包含 3个金矿带的富金斑岩体系理想同心环状分布带模式[16]。戚建中等 (2000)建立了我国东南部富金斑岩成矿体系理想模式[17]。丰山矿田斑岩成矿体系结构 (图 2)与 Sillitoe R H 的理想化斑岩成矿体系模型极为相似。

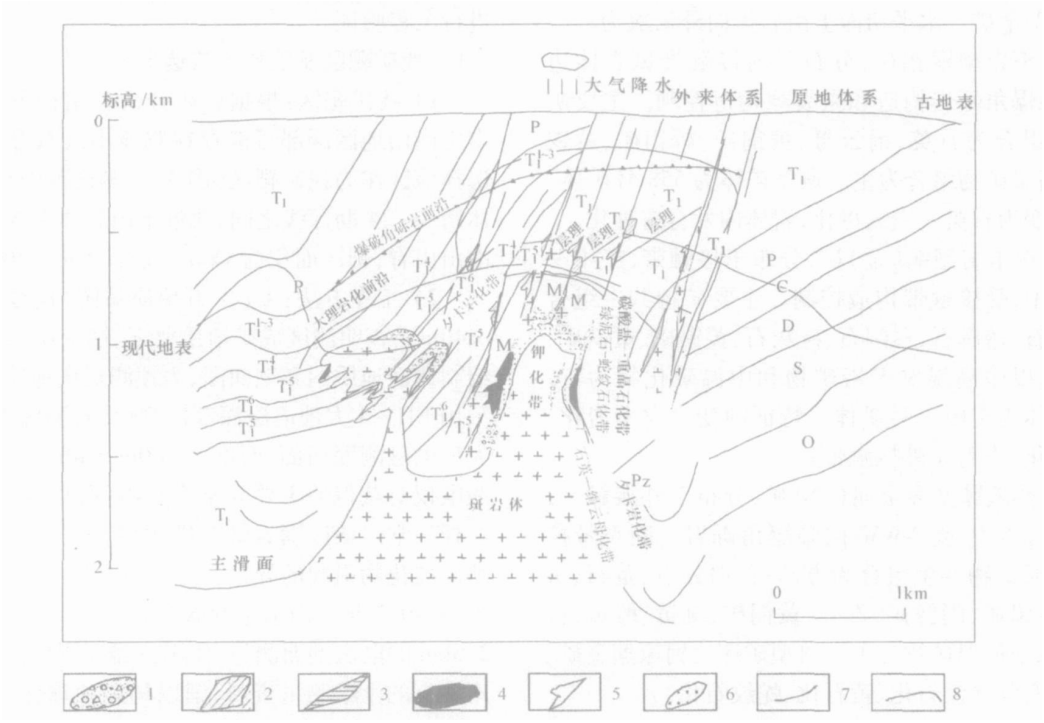


图 2　丰山矿田斑岩成矿体系结构准实体模型

T_1) 下三叠统; P) 二叠系; C) 石炭系; D) 泥盆系; S) 志留系; O) 奥陶系; Pz) 古生界; M) 大理岩; 1) 爆破角砾岩; 2) 卡林型 (Au、As、Sb); 3) 热液脉型 (Au、Ag、Pb、Zn、Cu); 4) 夕卡岩型 (Cu、Au、Pb、Zn); 5) 夕卡岩型 (Cu、Au); 6) 斑岩型 (Cu、Mo); 7) 流体运动方向; 8) 围绕丰山岩体的蚀变分带界线

211　斑岩体分布的层次性

矿田的侵入岩分布比较集中, 分布范围南起桂家山) 鸡笼山, 北抵李家湾, 东至黄家塘) 邓家山, 西达伍家坝, 东西长 8km, 南北宽 315km, 面积约 28km^2。在此范围以外, 无岩体和岩脉出露。矿田出露面积最大的侵入体为丰山岩体 (116km^2), 其次为鸡笼山岩体 (1125km^2), 其余为数以百计的岩墙和岩脉。

矿田侵入体分布具有鲜明的层次性, 丰山岩体似乎处于构造 - 岩浆侵入活动的中心位置, 其他侵

入体均围绕丰山岩体分布于距丰山岩体 3km的范围内。西北部为李家湾岩脉群,西南为鸡笼山岩枝,西部为曹家山岩墙、岩脉群,南部为南山岩脉群,东部为黄家塘)竹林塘)邓家山岩枝、岩脉群。地质和地球化学研究结果表明,成矿斑岩体及其岩脉为同源岩浆产物。侵入体具有/二层结构0,上层侵入体受松弛化的推覆构造主断裂面和叠瓦状构造控制,推测它们在下层(深部)很可能连接成一个大岩体,受控于深断裂及推覆构造主断裂面。

212 矿化蚀变的空间分带

矿田斑岩成矿体系中的夕卡岩型铜金矿、斑岩型铜钼矿、热液脉型多金属(金)矿、卡林型金矿,是在同一构造-岩浆-成矿作用下形成的斑岩成矿系列,它们受同一断裂体系控制,有相同的热源,是在同一成矿流体作用下形成,具明显的空间分带。垂向剖面上由下而上,矿化由斑岩型铜钼矿向上过渡为卡林型金矿。水平切面上由岩体向外依次为:

1)斑岩型铜钼矿,分布于内接触带斑岩体边部,受隐爆角砾岩构造和微裂隙构造控制。主要矿物共生组合为石英、绢云母、黄铜矿、辉钼矿、黄铁矿,以高温矿物组合为主。典型矿体为558号矿体。特征蚀变为石英-绢云母化,岩体内发育有钾化。

2)夕卡岩型铜(金)矿,分布于接触带,产于夕卡岩带中,受接触带构造控制。主要矿物共生组合为石榴石、透辉石、透闪石、硅灰石、黄铜矿、黄铁矿、斑铜矿,以中高温夕卡岩矿物和中温硫化物为主。典型矿体为丰山Ñ号矿体。特征蚀变为夕卡岩化、大理岩化(发育于外接触带)

3)热液脉型多金属(金)矿,分布于外接触带,产于大理岩中,受NWW向隐爆角砾岩-断裂带控制。主要矿物共生组合为方解石、白云石、萤石、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂、黄铜矿、雄黄、雌黄、自然金,以中低温矿物为主。典型矿床为柯家塘金矿。特征蚀变为绿泥石化、萤石化、蛇纹石化。

4)卡林型金矿[9],分布于斑岩体远端的碳酸盐岩地层中,常产于岩脉一侧或附近,主要受NWW向隐爆角砾岩-断裂带、薄层状或纹层状不纯灰岩岩层控制。主要矿物共生组合为铁白云石、白云石、方解石、石英、玉髓、黄铁矿、雄黄、雌黄,偶见砷硫铊铅矿和自然金,为低温矿物组合。典型矿床为竹林塘金矿。特征蚀变为方解石化(白色方解石细脉发育)、重晶石化、硅化、玉髓化、碳泥化。

213 地球化学分带

围绕斑岩体,矿田地球化学异常也具有明显的分性带。1B5万分散流测量,在矿田圈定出的Au、Ag、As、Sb、Cu、Pb、Zn、Mo等多元素组合异常带,面积约20km^2。金异常平均值高达33160@10^{-9},最高达48@10^{-9}。1Bl万和1B5000岩石、土壤地球化学测量显示,丰山矿田发育有以Au、Ag、As、Sb、Cu、Pb、Zn、Mo等元素为主的多元素组合异常,异常呈NWW走向,长1000~4000m,宽200~900m。这些异常均围绕斑岩体呈环带状分布,并显示出明显的水平分带性。岩体接触带为Cu、Mo、Au、Ag、As、Sb组合;外接触带(大理岩带)为Au、Ag、Pb、Zn、As、Sb(Cu)组合;远端地层为Au、Ag、As、Sb组合。

3 隐伏矿体定位预测

整个预测工作主要分3个阶段进行:第一阶段通过调研选择靶区和工作方法;第二阶段采用地物化综合方法进行定位预测;第三阶段对确定的靶位进行工程验证。

311 找矿靶区及工作方法选择

1)找矿靶区:根据成矿分析和结构分析,认为丰山南山地区深部可能存在鸡笼山式富金铜矿体,选择该区作为找矿靶区(图3)。测区范围在丰山岩体南4~24勘探线之间,北近丰山岩体南缘,南越过南山山脊,靶区面积为1km^2,高程为50~300m。

2)工作方法:¹ 1Bl万地质填图(网度为100m@40m),查明测区成矿地质要素、蚀变矿化带特征,绘制测区地质图和剖面图,为预测提供地质信息;º采用EH-4大地电磁深部探测仪,对测区进行高频大地电磁测深扫面,网度为100m@40m。再用双频激电仪对获得的主要异常进行测深,以利于进一步解释异常。该区围岩缺乏碳质层,电法能较好地反映由硫化物引起的异常。然而前人的电法物探工作不多,1997年中南冶金606队在丰山矿区仅投入过216km的电法剖面测量,使用仪器探测深度小;»利用原有的土壤测量资料,辅以构造地球化学剖面测量,视具体情况采集原生或次生化探样品,点距一般为40m;¼测区的测线方位沿用原勘探线,测线方向为23b。测量用传导仪布设控制点,辅以罗盘仪布点,网度为100m@20m。

312 定位预测

根据斑岩成矿体系的结构,对地、物、化成果综合研究,区分矿致异常与非矿致异常,推测隐伏矿体赋存部位,确定工程验证靶位。预测依据如下:

1)测区密集岩脉-断裂-隐爆角砾岩构造带发育,呈高角度叠瓦状排列,为矿田有利的控岩控矿

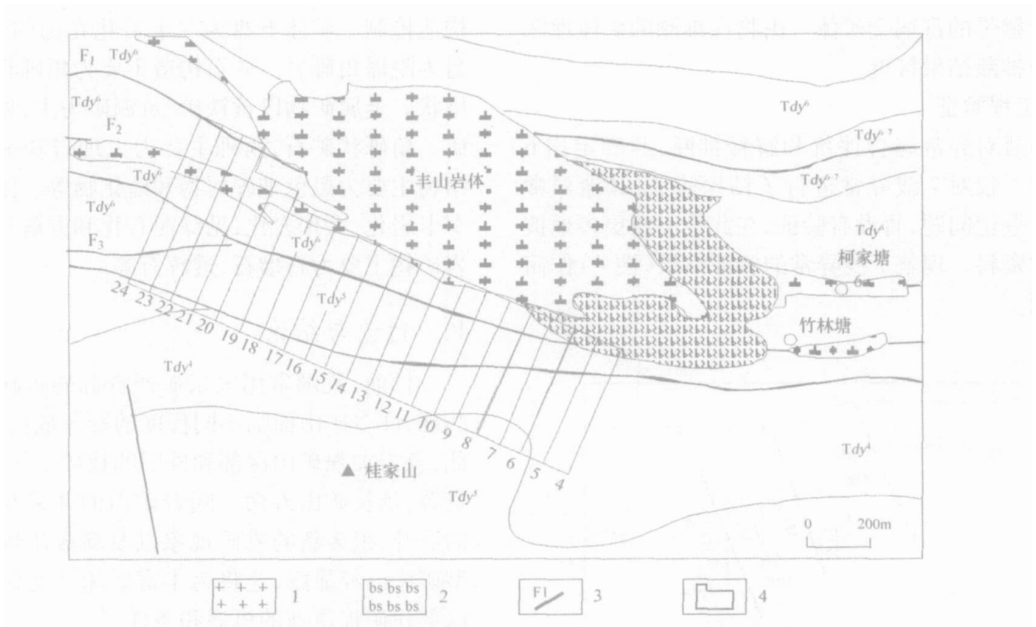


图 3　丰山南山地区找矿靶区位置图

Tdy^{7}) 大冶组七段厚层白云质灰岩; Tdy^{6}) 大冶组六段落 - 中厚层灰岩; Tdy^{5}) 大冶组五段纹层状白云质灰岩夹中厚层白云质灰岩; Tdy^{4}) 中厚层灰岩; 1) 花岗闪长斑岩; 2) 爆破角砾岩; 3) 断层及其编号; 4) 找矿靶区

构造。21条实测剖面显示, 测区有 3条 NWW 向岩脉 - 断裂 - 隐爆角砾岩构造带, 分别分布于测区的北部 (F_1)、中部 (F_2) 和南部 (F_3), 产状为 205b~ 220bN 60b~ 80b, 与地层产状接近或略陡。断裂构造两侧地层为大冶组第五、六段, 为矿田赋矿最有利层位, 岩性主要为薄层状、纹层状不纯碳酸盐岩。

2) 丰山岩体南缘接触带向南倾, 接触面上陡下缓, 向南山下部延伸, 并与地表岩脉相连。从三维空间来看, 鸡笼山岩体在 - 500m标高于北端未封闭, 而丰山岩体南缘在 - 400m标高也未封闭, 且深部有向南变宽的趋势, 二者之间分布的岩脉向南陡倾。这些岩体 (脉) 在深部很可能汇聚成同一个岩体。从鸡笼山和丰山矿床主体的产出标高来看, 主矿体头部处于 50m标高左右, 矿化延深至 - 400m以下, 这显示出该区存在一个成矿壳层。因此推测南山测区的金铜矿体头部也将出现在 50m标高左右, 即地表以下 300m 左右。由此推测, 测区在 50m 到 - 350m标高内可能存在隐伏接触带, 即可能有铜金工业矿体。

3) 测区蚀变矿化具有明显的分带性。蚀变分带, 由北而南或由岩体向外依次为大理岩化带、网脉状碳酸盐化 - 重晶石化 - 碳泥化带。相应地, 矿化分带为: 大理岩化带 (F_1) 以铅锌 (金银) 矿化为主, 可见团块状、细脉浸染状铅锌矿露头; 碳酸盐化 - 重晶石化 - 碳泥化带 (F_2、F_3), 以卡林型金矿化为主, 有多处金矿分布。按矿化的垂向分带, 其下部可能有金铜矿体。

4) 化探异常具有明显的分带性。大理岩化带 (F_1) 异常元素组合以 Cu、Pb、Zn、Au、Ag为主, 而碳酸盐化 - 重晶石化 - 碳泥化带 (F_2、F_3) 异常元素组合则以 Au、Ag、As、Sb为主。土壤地化异常规模大, 强度高。各元素异常平均值为 Au 10710 @10^{-9}、Ag 0156 @10^{-6}、As 44121 @10^{-6}、Sb 11129 @10^{-6}、Cu 10801%、Pb 105123%、Zn 20010%。在岩脉两侧及隐爆角砾岩中多处可见矿化现象, 在 7勘探线银子硐附近的岩脉两侧可见直径近 2m的铁帽转石。这些蚀变矿化和异常应该是深部矿化在地表的反映。

5) 大地电磁测深结果显示, 测区 21条地质剖面共圈出大小低阻异常 40个, 组成 3个低阻带, 分别与 F_1、F_2、F_3 对应, 与地质上推断的含矿带比较吻合, 推测异常由矿引起。选择 4、6、13、15线的异常 (F_2、F_3), 对其进行双频激电测深, 测深曲线多为 KHKH 型, 个别为 KHK。测深结果显示这些矿异常多具双层结构, 即由两层矿化体。第一层矿埋深约 50m, 赋存标高为 60~ 100m, 推测为卡林型金矿体 (F_3) 或热液脉型多金属 (金) 矿体; 第二层埋深约 160~ 200 m, 赋存标高为 50~ - 100m, 推测为产于

隐伏接触带的富铜金矿体。由物探推测的矿体埋深与地质推断结果接近。

313 工程验证

通过对异常综合评价和解释推断, 共确定出 6个靶位。仅对 7线异常进行了钻探验证, 其他异常因勘查登记问题, 暂没有验证, 在此也不便更多地披露异常资料。现就 7线异常的验证结果 (图 4)作简要介绍。

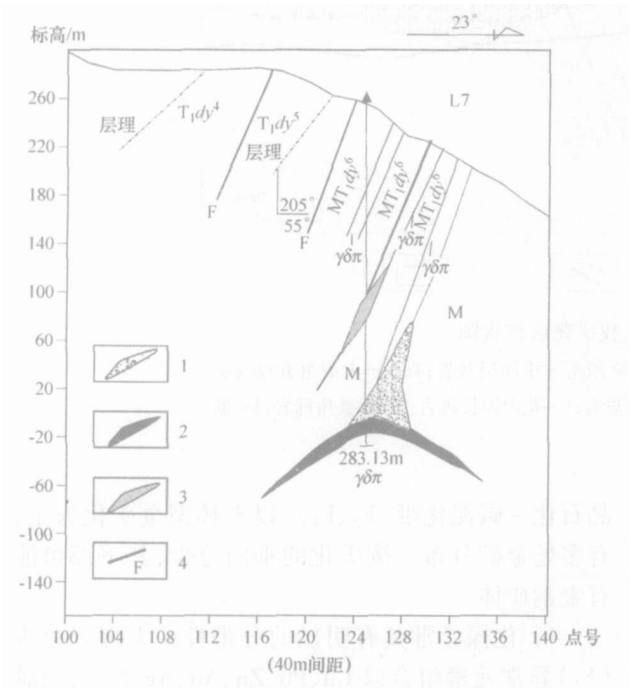


图 4 丰山岩体南 7线异常钻探验证地质剖面图

$T_1dy^{4\sim5}$) 大冶组 4、5段碳酸盐岩; MT_1dy^6) 大理岩化灰岩; M) 大理岩; CDP) 花岗闪长斑岩; 1) 隐爆角砾岩; 2) 夕卡岩型金铜矿体; 3) 热液脉型金矿体; 4) 断层

验证钻孔 ZKC07110为直孔, 孔深 283113m。见两层矿, 见矿孔深分别为 162143~ 182117m和 263116~ 279116m。

上层矿: 穿越厚度 19174m。为热液脉型金矿体, 金品位为 4168 @10^{-6}。矿体受断裂 - 隐爆角砾岩构造控制, 围岩为大理岩。角砾成分主要为大理岩, 并见有花岗闪长斑岩角砾。矿石构造主要为角砾状和细脉浸染状。金属矿物以黄铁矿为主, 见少量方铅矿和闪锌矿。角砾多为大理岩, 次棱角状, 大小混杂。胶结物为黑色细碎屑物和黄铁矿等金属矿物。蚀变主要为硅化、绿泥石化、碳酸盐化, 在大理岩裂面上可见黑色碳泥质物。

下层矿: 穿越厚度 16m。为夕卡岩型铜金矿体, 金品位为 4158 @10^{-6}, 铜为 1124%。矿体受接触带构造控制。矿体下盘为夕卡岩化花岗闪长斑岩, 上盘为隐爆角砾岩。矿石构造主要为角砾状和细脉浸染状。金属矿物以黄铁矿、黄铜矿为主, 见少量斑铜矿。角砾状矿石, 角砾主要为大理岩和夕卡岩。胶结物主要为黑色细碎屑物和硫化物等。蚀变主要为夕卡岩化、大理岩化, 见绿泥石化和方解石化。夕卡岩矿物主要为石榴石、透辉石等。

4 讨论与结论

目前, 我国常用大宗矿产资源的短缺形势日益凸现, 许多矿山面临不同程度的资源危机[18- 19]。因此, 急需加强矿山深部和外围的找矿工作, 发现接替资源, 延长矿山寿命。随着矿山的开采和深部找矿的展开, 很多新的成矿现象以及新成矿环境和新类型矿床已经显露, 这将为丰富矿床学的研究内容和深部找矿提供新的机遇和条件[19]。

内生金属矿床通常不单独存在, 若干个矿床组合成矿田, 同期内生金属矿床 (化)常属于同一成矿体系。研究成矿系统的结构, 建立斑岩成矿体系的三维准实体成因))) 找矿模型, 阐明矿床分带特征, 尤其是矿床垂直分带特征, 对找寻深部矿有重要意义。

在内生金属矿床多种/定矿 0地质因素[20]中, 控矿断裂体系因素应提到首位, 需要建立不同层次的控矿断裂网络[19]。斑岩成矿体系中断裂构造控岩控矿作用, 在多种/定矿 0地质因素占主导地位。尽管对丰山矿田推覆构造体系的研究还不尽完善, 但是与以往相比, 它能更好地揭示斑岩体及与其相伴矿体的分布规律, 这对预测隐伏矿体起到关键的作用。

从丰山矿田深部找矿预测实例或许可以看出, 以前人工作为基础, 用开阔的视野、创新性思维, 通过对系统的成矿分析, 取得成矿新认识, 突破原有模式的束缚, 才有可能取得深部找矿的突破。

[参考文献]

[1] 孙家富. 鸡笼山隐伏金铜矿的发现与勘查 [J]. 中南冶金地质, 1995(2): 31- 35.

[2] 周宗桂. 湖北丰山矿田的构造特征及其控矿作用 [J]. 矿床地质, 1994, 13(增刊): 72- 74.

[3] 晏久平. 湖北阳新丰山金铜矿田控制因素研究 [J]. 中南冶金地质, 1990(1): 39- 47.

[4] 韦俊铭, 李晋辉, 王湖坤. 湖北丰山铜矿隐爆岩类地质特征及与成矿的关系 [J]. 矿山地质, 1993, 13(1): 3- 10.

[5] 中南冶金地质研究所. 丰山爆发 - 侵入角砾岩筒型斑岩铜矿特征 [J]. 湖北冶金地质, 1978(1): 5- 8.

[6] 苏欣栋. 鄂东丰山矿田金、铜/一体多位 0成矿模式及地质意义

[J]. 中南冶金地质, 1992(1): 45-48.
[7] 刘延年,钱应敏. 鄂东封三洞铜(金)矿床周边外围金银及金银多金属矿找矿新成果综述[J]. 湖北地矿, 2001, 15(4): 53-98.
[8] 舒广龙. 湖北丰山矿田成矿地质背景及斑岩成矿系列与微细浸染型金矿[D]. 2004.
[9] 刘继顺,舒广龙, 高珍权. 鄂东丰山矿田卡林型金矿地质地球化学特征[J]. 地学前缘, 2004, 11(2): 379-385.
[10] 拉德克 A S. 卡林地质金矿学[M]. 1987: 10-150.
[11] 王登红. 卡林型金矿找矿新进展及其意义[J]. 地质地球化学, 2002, 28(1): 92-96.
[12] 舒广龙, 刘继顺, 马　光, 等. 湖北阳新丰山铜矿大理岩中金矿化地质特征与金赋存状态研究[J]. 黄金, 2003, 24(6): 7-11.
[13] 翟裕生, 姚书振, 崔　彬, 等. 成矿系列研究[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996: 1-192.
[14] 翟裕生. 论成矿系统[J]. 地学前缘, 1999, 6(1): 13-27.
[15] Sillitoe R H, Bonham H F Jr. Sediment-hosted gold deposits: Distal products of magmatic-hydrothermal systems[J]. Nevada Economic Geology, 1990, 18: 157-161.
[16] Jones B K. Application of metal zoning to gold exploration in porphyry copper systems[J]. J. Geochemical Exploration, 1992, 43: 127-155.
[17] 戚建中, 刘红樱. 中国东南部富金斑岩成矿体系的结构与定位)))金矿预测新思路[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2000, 19(4): 375-377.
[18] 翟裕生, 邓　军, 王建平, 等. 深部找矿研究问题[J]. 矿床地质, 2004, 23(2): 142-149.
[19] 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.
[20] 胡志坚, 吴永芳. 水口山矿田矿床定位模式及找矿远景区评价[J]. 地质与勘探, 2005, 41(5): 16-21.

PREDICTION FOR DEEP ORE PROSPECTING BASED ON THE STRUCTURE OF A PORPHYRY METALLOGENIC SYSTEM: ACCORDING TO FENGSHAN Au-Cu ORE FIELD

SHU Guang-long[1], MA Shi-min[1], LIU Ji-shun[2]
(1. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, China Geological Survey, Shenyang 110032;
2. Central-south University, Changsha 410083)

Abstract: Prediction for deep ore prospecting is a frontier and key research in metallogeny and metallogenic prognosis. In the recent years, by researches of ore prospecting in the Fengshan orefield, not only Carlin-type gold deposits and some new clues of ore prospecting are discovered, but also some new insights about mineralization of the ore field are obtained. These discoveries and insights provide new opportunity and condition for establishing perfect three-dimensional model similar to entity of porphyry metallogenic system and prediction for deep ore prospecting. There are skarn Cu-Au, porphyry Cu-Mo, hydrothermal vein-type polymetallic (Au) and Carlin-type deposits in the orefield, they often coexist with Yanshanian granodiorite-porphyry and are porphyry metallogenic series formed by the same metallogenic system. Relaxed nappe structures control Yanshanian magmatism-metallization in the orefield. Porphyry metallogenic system possesses obvious zonations at aspects of ore types and others. According to the zonations, target areas and prospecting methods are chosen, and location of hidden ore bodies is ascertained. Rich and thick Au-Cu ore bodies have been discovered by a validating drill hole.

Key words: porphyry metallogenic system; deep ore prospecting; Fengshan orefield; eastern Hubei