

文章编号:1671-4814(2015)03-217-07

江苏省铜山—石矣山铜钼矿床成矿特征 及深部资源预测^{*}

来又东,黄震,黄顺生,王海欧,魏芳

(江苏省地质调查研究院,南京 210049)

摘要:江苏铜山铜(钼)矿是与燕山期中酸性杂岩体有关的高—中温热液矽卡岩型矿床。矿体主要赋存于矽卡岩带中,少部分赋存于蚀变黑云母石英闪长岩中。根据矿床成矿特征,结合矿区物、化探异常信息,总结了矿床预测模型,并对矿区深部及外围进行预测。采用矿床模型地质体积法对深部预测资源量进行估算,预测深部铜金属量 33611.57t,钼金属量 9331.35t。

关键词:铜钼矿床;体含矿率;资源量预测;江苏句容

中图分类号:P542

文献标识码:A

铜山铜钼矿区位于江苏省句容市下蜀镇,1957年至2009年,先后有地矿、冶金、有色、科研等地勘行业部门进行过勘查及综合研究^[1-4],但对矿区深部及外围找矿潜力还未进行系统分析。结合江苏省矿产资源潜力评价工作,对铜山铜钼矿深部资源量进行预测和评价,以期拓展矿床深部找矿空间^[5-7],为深部找矿提供参考。

1 矿床地质特征

铜山铜钼矿位于长江中下游铁铜多金属成矿带之沿江铁铜多金属成矿亚带的宁镇成矿远景区。大地构造位置位于下扬子陆块宁镇褶皱束中部。区内地层主要有泥盆系上统五通组,石炭系下统高骊山组,二叠系中统栖霞组、孤峰组,上统龙潭组、大隆组,三叠系下统青龙组。栖霞组为矿区主要赋矿层位,岩性为含燧石结核灰岩、灰岩夹硅质岩,普遍变质为大理岩和硅质角岩。

矿区位于龙仓复背斜东段南翼,呈一向南西倾斜的单斜构造,区内地层走向自西向东,由北西西向转向近东西向,再拐为北东东向,为一顶部向南凸出的弧形褶皱构造。断裂构造可分为纵向断裂和横向断裂,其中发育于泥盆系上统五通组与二叠系下统栖霞组之间的纵向逆断层是区内重要的导矿和容

矿构造。岩浆岩呈东西向展布,属区域性下蜀—高资岩体西南边缘相,岩体与区内栖霞组灰岩、五通组石英砂岩等地层接触。侵入体为中深成相,呈岩株产出。岩浆活动主要发生在燕山晚期,岩石类型为一套从基性—酸性的火山—侵入杂岩。矿区内与成矿关系密切的岩浆岩为石英闪长斑岩,其次为石英闪长岩、石英闪长玢岩、二长花岗岩等。岩体与围岩接触部位热液蚀变和热变质现象普遍,形成矽卡岩、大理岩、角岩,岩浆岩边部亦发生自变质作用,形成蚀变闪长岩,各变质岩石在空间上具有明显的带状分布。与铜钼矿化关系密切的有矽卡岩化、绿帘石化、绿泥石化、碳酸盐化等,矽卡岩化是寻找铜钼矿的重要标志。

2 矿区物化探特征

铜山铜钼矿区重力异常背景较高,由南向北,异常值逐渐升高,整体呈东西向线状异常特征,矿床处在线状异常带中。矿区正负磁异常都有分布但分布不均匀,中间以负异常为主,四周主要分布正异常,呈不规则的环状异常形态。矿床北部为一处近椭圆形的带状正异常,该异常最大值为 2580 nT,矿床所在位置处于一处局部正异常的梯度带上。石矣山地表存在一个磁异常,平面反映较好,呈椭圆形,

^{*} 收稿日期:2014-04-08 改回日期:2014-07-15 责任编辑:谭桂丽

基金项目:中国地质调查局“江苏省(含上海市)矿产资源潜力评价”项目(项目编号:1212010881615,1212011121007)。

第一作者简介:来又东,1982年生,男,工程师,主要从事矿床成矿规律及矿产预测研究。

1000nT 圈值范围 500 m×150 m,磁场极值为 2400 nT。经钻孔验证,该磁异常下部有含铜(钼)磁铁矿矿体,属矿致异常^[8]。

1/5 万岩石原生晕有 Cu、Bi、Pb、Zn、Ag、Cd、As、Sb 异常显示,1/5 万土壤地球化学测量圈定指示元素 Cu、Pb、Zn、Mo、Bi、Ag、Cd、Sb、As 地球化学总体特征:异常主要展布于正盘山—羊山—铜山向南突出的弧形带上,在矿区及附近,即石英闪长斑岩与栖霞组灰岩接触带地带,异常的浓集强度最高,并呈近东西向展布(与矿体一致)。Bi 异常浓集中心主要分布于石英闪长斑岩岩体内;Cu、Mo(Ag)异常主要出现在石英闪长斑岩与栖霞组灰岩接触带地段;Pb、Zn、Cd 异常主要分布于正盘山—羊山一带以西,空间上处于二叠—三叠系碳酸盐岩地层与石英闪长斑岩接触蚀变部位,属矿区的外围地带。

3 矿床特征

3.1 矿区中段矿体特征

铜钼矿体主要赋存于岩体与二叠系孤峰组硅质岩、栖霞组大理岩接触的矽卡岩带中,少部分赋存于

蚀变闪长岩中。矿体在矽卡岩中大致平行排列,其产状受矽卡岩控制。矿区中段接触带产状变化较大,沿倾向大致呈“S”形,铜钼矿体一般富集于接触带产状较缓的部位。矿区中部矿体走向近东西,南倾,倾角一般 40~60°,局部为 70~80°(图 1)。

1 号矿体位于上部含矿带,产出标高 128~410 m(深部未控制),以钼、铜或铜钼混合矿石为主。矿体顶板为孤峰组硅质岩,底板以透辉石石榴石矽卡岩为主。矿体呈似层状,走向近东西,南倾,倾角 65~80°,走向延长 400 余米,倾向最大延深 538 m,厚 1.50~26.57 m。

2 号矿体位于中部含矿带,产出标高 100~337 m(矿体未出露地表,深部未控制),以钼、铜钼混合矿石类型为主。矿体顶底板均为透辉石石榴子石矽卡岩,局部夹有条带状大理岩捕虏体。呈似层状,走向近东西,南倾,倾角 45~80°,走向延长 150 余米,倾向最大延深 430 m,钻厚 4.01~35.36 m。

其他小矿体产出标高为 52~420 m 范围内,延长约 100 m 左右,延深 92~220 m,矿体钻厚 1.5~43.62 m,南倾,倾角 35~90°。

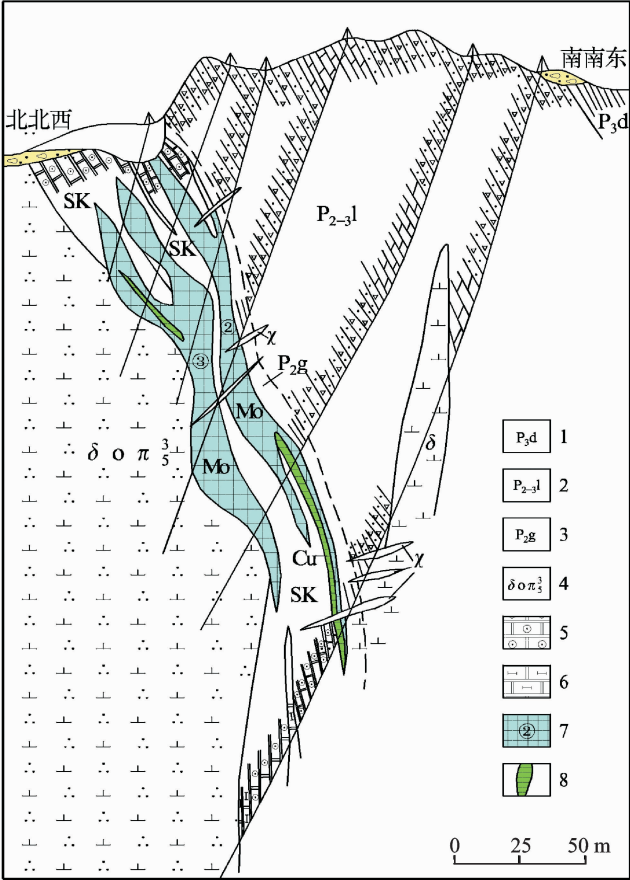


图 1 铜山铜钼矿地质剖面图①

Fig. 1 Geological section of Tongshan Cu - Mo deposit

1-大隆组;2-龙潭组;3-孤峰组;4-石英闪长斑岩;5-石榴石矽卡岩;6-透辉石矽卡岩;7-钼矿体及编号;8-铜矿体

3.2 石矸山矿段矿体特征

1 号矿体赋存于石英闪长岩与灰岩接触部位的矽卡岩中。矿体形态受接触带控制,剖面图上呈弯曲的“弓”形;矿体赋存标高-62~-300 m,其顶板为石英闪长岩,底板为石炭—二叠系灰岩;矿体走向长 100 m,倾向延深 80~295 m,真厚度 1~9.96 m;走向近东西主体即顶部倾向北,倾角约 50°,上部 and 下部即翼部南倾,倾角 10°~20°(上部)或约 75°(下部)(图 2)。

4 号矿体赋存于石英闪长岩内部的矽卡岩中,局部产于石英闪长岩与灰岩接触部位的矽卡岩中。矿体形态主要受内接触带控制,剖面上呈透镜状、弓状;矿体赋存标高-73~-169 m,其顶、底板均为石英闪长岩;矿体沿走向>150m,倾向延深 45~90 m。矿体厚度变化较大,最薄处仅 1.0 m,最厚处可达 20 m;矿体走向约北东 80°,倾向南西,倾角 50~60°,局部倾向北东,倾角约 30°。走向、倾向上的矿体边界均未得到完全控制。

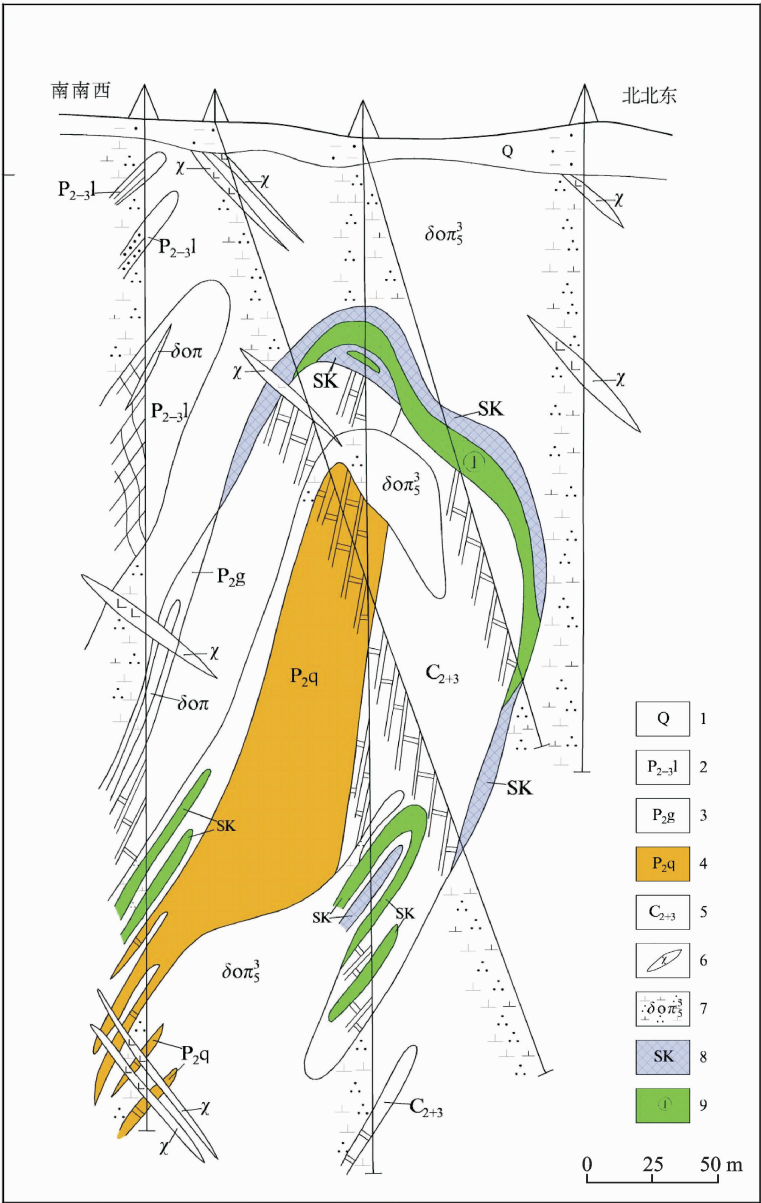


图 2 铜山铜钼矿石矸山矿段地质剖面图①

Fig. 2 Geological section of Shidangshan ore section of Tongshan Cu - Mo deposit

1-第四系;2-二叠系龙潭组;3-二叠系孤峰组;4-二叠系栖霞组;5-石炭系未分;6-煌斑岩;7-石英闪长斑岩;8-矽卡岩型;9-铜钼矿体及编号

3.3 矿化特征

矿体在接触带部位不同,将矿化带分为上、中、

下三个部位。①上部含矿带,矿体位于外矽卡岩中或者位于外矽卡岩与孤峰组硅质角岩接触带附近。

矿化较稳定,矿体呈似层状,矿体规模较大,以钼或铜钼矿化为主,伴有金矿化。中段 1 号铜钼矿体产于含透辉石钙铝榴石矽卡岩中,走向延长 400 余米,倾向最大延深 538 m,矿层厚 0.50~26.57 m,平均厚 7.37 m。②中部含矿带,矿体赋存于石榴子石透辉石矽卡岩(局部残留有栖霞组条带状大理岩)之中。矿化较稳定,以似层状、透镜状为主,矿体在走向和倾向方向均有分叉、尖灭现象。以铜钼矿化为主,局部磁铁矿化明显伴有金矿化。中段 2 号铜钼矿体产于透辉石石榴子石矽卡岩中,走向延长 450 m,倾向最大延深 500 m 以上,矿层厚 4.01~35.36 m,平均厚 5.76 m。③下部含矿带,矿体位于内矽卡岩带中,矿化不稳定,矿体形状为透镜状,其厚度、品位变化均较大。以钼或铜钼矿化为主,局部有白钨矿化。以中段 3 号矿体为代表,矿体沿走向和倾向多随接触面变化,长 350 m,延深最大者 180 m,厚 1.6~23.5 m,平均厚 8.07 m。

3.4 矿床成因

燕山运动晚期,石英闪长质岩浆上侵并与灰岩

接触,形成矽卡岩。此后,多阶段活动的岩浆热液及含矿溶液,在接触带附近的围岩和岩浆岩的有利构造部位进行交代或充填,形成含铜磁铁矿、含铜磁黄铁矿以及钼矽卡岩等矿体。从区域成矿专属性上看,石英闪长斑岩是良好的成矿母岩。矿体形态、产状和规模均受矽卡岩控制,矿(化)体或直接赋存于矽卡岩中,或以矽卡岩作为其顶板或底板。因此,铜山铜钼矿床成因为与燕山晚期中酸性杂岩体有关的高一中温热液矽卡岩型矿床。成矿时代为燕山晚期(辉钼矿 Re-Os 同位素年龄为 $106\pm3\text{ Ma}$)^[9]。

4 铜山铜钼矿预测模型

对矿区内物、化、遥特征分析研究发现,区域化探异常尤其是铜、钼单元素异常对矿体反应较好,是主要的找矿指示异常,具有预测找矿意义。重力异常和磁异常与燕山期中酸性侵入岩体有关,对矿体有一定的指示意义,是铜钼矿预测的重要要素。结合矿区成矿特征及成矿要素分析,建立铜山铜钼矿预测模型见表 1。

表 1 江苏省铜山铜钼矿床预测模型
Table 1 Prediction models of Tongshan Cu-Mo deposit in Jiangsu Province

预测要素		要素特征描述
地质环境	构造背景	下扬子地区宁镇断隆中段北缘的龙潭—仓头复背斜南翼。
	地层	二叠系栖霞组为主要赋矿地层。
	侵入岩	斑状石英闪长岩等中酸性岩体。
	成矿时代	燕山晚期($106\pm3\text{ Ma}$,辉钼矿 Re-Os)。
	成矿作用	在高一中温条件下,燕山晚期岩浆活动所产生的斑状石英闪长岩侵入体与二叠系栖霞组碳酸盐岩接触后,发生交代作用形成矽卡岩及铜钼矿。
	控矿构造	发育于泥盆系上统五通组与二叠系下统栖霞组之间走向逆断层是主要导矿构造,接触带为容矿构造。
矿床特征	矿物组合	矿石矿物:主要为黄铜矿、辉钼矿,次要为磁铁矿、磁黄铁矿、黄铁矿。 脉石矿物:主要为石榴子石、透辉石,次要为斜长石、方柱石、方解石、绿帘石、阳起石、角闪石。
	矿石结构构造	矿石结构:自形一半自形粒状结构、他形粒状结构、骸晶结构、交代残余结构、融蚀结构。 矿石构造:浸染状构造、细脉浸染状构造、团块状构造。
	蚀变	与钼矿化有关的蚀变主要有:矽卡岩化、绿帘石化、硅化、钠长石化。
	重力异常	重力异常背景较高,场值 $(18\sim25)\times10^{-5}\text{ m/s}^2$,由南向北,异常值逐渐升高,整体呈东西向线状异常特征;矿床处在线状异常带中,无局部异常。
物化探异常特征	磁异常	正负异常都有分布但分布不均匀,中间以负异常为主,四周主要分布正异常,呈不规则的环状异常形态。矿床北部为一处近椭圆形的带状正异常,该异常最大值为 2580nT,矿床所在位置处于一处局部正异常的梯度带上。
	化探异常	矿床与 Cu、Pb、Zn、Mo、Bi 异常套合较好,异常延伸方向与断裂走向一致,其中 Mo、Pb、Bi 异常内、中、外带分带清晰,浓集中心明显;地表原生晕测量显示区内有明显的 Cu-Mo-Au-Pb-Zn 组合异常。
地表找矿标志		地层标志:石炭系—二叠系碳酸盐岩地层。岩体标志:花岗闪长斑岩(石英闪长斑岩)。构造标志:纵向压扭性断裂带及岩体与碳酸盐岩的接触带构造。蚀变标志:矽卡岩化、绿帘石化、硅化、钠长石化。物化探异常标志: $>1000\text{ nT}$ 的椭圆形或长条形磁异常;Cu-Mo-Au-Pb-Zn 组合异常。矿物标志:高温矿物磁铁矿、磁黄铁矿。

5 矿床深部资源量预测

根据上述预测模型,对矿区深部含矿地质体及矿体延深进行预测。按照江苏省(含上海市)矿产资源潜力评价典型矿床深部和外围资源量预测的流程方法,应用矿床模型综合地质体积估计法^[10-11],对矿床深部资源量进行预测和评价。

5.1 矿床深部资源量预测的方法和流程

基于综合地质信息成矿地质体体积法的实施过程,首先是合理的圈定一个矿床成矿系统内的成矿地质体的边界,接着计算该成矿地质体体积,然后与勘探程度高的地区相似成矿规模的地质体进行类比,最后估算出资源量^[12]。对于矿床深部资源量的预测,需确定已查明含矿地质体的资源储量、面积、延深、矿石的品位和体重以及深部含矿地质体的延深和相似系数。一般默认深部与已查明矿体的矿石品位和体重是相同的,为简化计算,相似系数为 1,查明资源储量是指目前工程控制实际查明的全部资源储量;面积是指矿床面积,矿体、矿带、或者脉状矿体聚集区段边界范围的面积,延深指估算查明资源储量时计算体积所采用的深度参数,品位和体重为

矿床的平均品位和体重。体含矿率(单位体积的资源量)=查明资源量/已查明含矿体总体积(面积×延深)(该参数用于估算矿床深部预测资源量),矿床深部预测时,面积采用查明资源储量部分矿床面积,延深为预测矿床的延深,矿床预测资源量=预测范围面积×预测垂深×体含矿率×相似系数。

5.2 已查明资源储量及估算参数

根据最新资源量核查报告,铜山铜钼矿已查明资源量铜金属量为 24493.54 t,钼金属量为 6799.97 t,铁矿石量为 90.7 kt,其中矿区中段查明铜金属量 19464.84 t,钼金属量 6575.17 t,铁矿石量 90.7 Kt,石矸山矿段查明铜金属量 5028.7 t,钼金属量 224.8 t,另伴生金 1868.35 kg,伴生银 4789.06 kg,伴生铼 2.9822 t。铜山铜钼矿体主要赋存于岩体与二叠系孤峰组硅质岩、栖霞组大理岩接触的矽卡岩带中,少部分赋存于蚀变石英闪长斑岩中。根据矿区含矿层位二叠系栖霞组及已见矿孔圈定含矿地质体面积为 792055 m²(图 3)。矿体控制深度为 128~420 m,含矿地质体延深 548 m。查明含矿地质体体含矿率计算见表 2。

表 2 句容铜山—石矸山铜钼矿查明资源储量表

Table 2 Resource reserves of Tongshan-shidang shan Cu-Mo deposit in Jurong area

矿种	金属量/t	面积/m ²	垂深/m	品位/%	体重/t/m ³	体含矿率/t/m ³	参数确定依据
铜矿	24493.54	792055	548	1.25	4.53	0.00005643	资料来源:《句容市铜山铜钼矿资源储量核查报告》,截止 2009 年底,铜山铜钼矿累计查明铜资源量:24493.54 t;钼金属量:6799.97 t。根据含矿层位及已见矿孔圈定含矿地质体面积为 792055.1271 m ² ,矿体控制深度为 128~420 m。
钼矿	6799.97	792055	548	0.14	3.25	0.0000156665	

5.3 矿床深部资源量预测估算参数及预测资源量

中段 1 号、2 号矿体,石矸山矿段 1 号、4 号矿体深部均未控制,且矿体分布于接触带内,接触带陡立,深部延伸趋势明显。根据周边同属宁镇成矿远景区,且成矿条件相似的接触交代型矿床的最新勘查成果,伏牛山南山铜矿-833m 铜矿体向南仍未尖灭;伏牛山北部矿区原勘查深度-300 m,经高精度地磁和瞬变电磁-300 m 以下有明显异常,钻探证实为南倾的倒转向斜,追索见矽卡岩铜矿后,孔深至-700 m 又见单层连续铜矿化厚度约 180 m,铜品位 0.1~0.3%;南京栖霞山铅锌银矿主矿体长 1500 m、厚 30~50 m、最大延深约 500 m,现追索控制至-850 m,仍有延伸;句容东培山—猴子石—团山—西银坑

—盘龙岗铜、多金属矿勘查,接触交代型铜矿-120~-280 m 和-400 m 深度,走向上断续再现,斑岩型铜钼矿在-220~-480m,存在地磁、化探组合异常及隐伏接触带;镇江韦岗铁矿由-350 m 延伸至-850 m 且矿体走向稳定,规模扩大^[13]。铜山南部安基山地区,根据江苏省地质调查研究院 2009 年最新勘探资料,控制碳酸盐岩赋矿地层深度达 1299.16 m。综上,推测铜山铜钼矿区岩体与碳酸盐岩接触矽卡岩带向下延深约 1300 m。

由此,根据预测资源量=预测范围面积×预测垂深×体含矿率。计算得矿床深部预测资源量铜金属量 58105.11 t,钼金属量 16131.32 t(表 3)。

[3] 邵广喜. 江苏省句容县石矸山、铜山铜钼矿区(东段)普查评价报告[R]. 镇江:江苏省地质矿产局第三地质大队,1966.

[4] 徐忠发. 江苏省句容市铜山钼铜矿区石矸山矿段普查评价报告[R]. 南京:华东有色地质矿产勘查开发院,2006.

[5] 赵鹏大. 成矿定量预测与深部找矿[J]. 地学前缘,2007,14(5):142-149.

[6] 滕吉文,刘建明,刘财,等. 第二深度空间金属矿产探查与东北战略后备基地的建设和可持续发展[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2007,37(4):637-651.

[7] 滕吉文. 强化第二深度空间金属矿产资源探查,加速发展地球物理勘探新技术与仪器设备的研制及产业化[J]. 地球物理学进展,2010,25(3):729-748.

[8] 徐忠发. 江苏省句容市铜山钼铜矿区石矸山矿段普查

评价报告[R]. 南京:华东有色地质矿产勘查开发院,2006.

[9] 王立本,季克俭,陈东. 安基山和铜山铜(钼)矿床中辉钼矿的铼—钼同位素年龄及其意义[J]. 岩石矿物学杂志. 1997,16(2):154-159.

[10] 肖克炎,程松林,娄德波,等. 区域矿产定量评价的矿床综合信息评价模型[J]. 地质通报,2010,29(10):1430-1444.

[11] 肖克炎,张晓华,李景朝,等. 全国重要矿产总量预测方法[J]. 地学前缘,2007,14(5):20-26.

[12] 肖克炎,叶天竺,李景朝,等. 矿床模型综合地质信息预测资源量的估算方法[J]. 地质通报,2010,29(10):1404-1412.

[13] 郑锡泉. 江苏省深部矿产勘查初步实践与思考[J]. 上海地质,2010(B11):200-202.

Metallogenic characteristics and potential evaluation of deep resources in Tongshan-Shidangshan copper-molybdenum deposit, Jiangsu Province

LAI You-dong¹, HUANG Zhen¹, HUANG Shun-sheng¹, WANG Hai-ou¹, WEI Fang¹
(*Geological Survey of Jiangsu Province, Nanjing 210049, China*)

Abstract: The Tongshan copper-molybdenum deposit is a hydrothermal skarn deposit with high to medium temperature, which was formed in the deep environment, spatially was associated acid complex rock bodies in Yanshan Period. The ore bodies dominantly occurred in the skarn zone and partially occurred in the alteration of biotite quartz diorite. According to the analysis of metallogenic characteristics of the deposit, combined with geophysical exploration, geochemical exploration and remote sensing anomaly information, we summed up the deposit prediction model and the prediction of the deep and periphery of mining area. Using the model of mineral deposit geological volume method for the estimation of the deep resource prediction, it suggests that the amount of copper and molybdenum metal resources in deep are 33611.57 and 9331.35 tones, respectively.

Key words: Cu-Mo deposit; ore bearing rate; resource prediction; Jiangsu Province