维普资讯 http://www.cqvip.com

第22卷 第2期
2008年4月

矿产与地质
MINERAL RESOURCES AND GEOLOGY

Vol. 22, No. 2
Apr., 2008

延边东部金铜矿化区成矿规律与找矿方向①

焦玉凯
(珲春紫金矿业有限公司,吉林 珲春 133314)

摘 要:珲春东北部金铜矿化区与古生代、中古生代火山岩浆活动有关。通过对中生代火山岩及矿区地质特征,构造控矿特征及已知典型矿床的研究,提取多元综合成矿信息,总结出矿化区控岩、控矿条件及找矿标志,确定了区内找矿靶区和找矿方向,并对成矿远景进行了评价。

关键词:金铜矿化区;成矿规律;综合成矿信息;找矿远景;延边东部;吉林
中图分类号:P618.51;P618.54 **文献标识码**:A **文章编号**:1001-5663(2008)02-0158-06

0 概述

自16世纪到现代成矿理论已有400余年的发展历史,其未来发展方向仍在探索,目前跨学科成矿理论探索空前活跃。矿床地质预测实际上是以成矿理论为基础,应用成矿理论模型寻找和预测找矿靶区,而在应用时均不能超脱类比学的方法[1]。

1 地质演化历史

本区地质历史发展较长,经历了早古生代(五道沟群时期)至新生代[5],在这漫长的地质历史发展过程中,形成了不同沉积建造、不同岩浆活动及与其相关的内、外生金属矿产和非金属矿产。由于岩浆多期次的侵入活动,使古生界地层呈大小不一的断续的或捕虏体状态出现。

本区在早古生代时期地壳开始下沉,接受海浸、碎屑沉积,与此同时有断裂活动进行,并伴随中酸性火山岩岩浆喷溢,同时也携带金、铜等有益组分。在该阶段的末期,地壳发生局部抬升,致使部分地区露出海面而受到侵蚀,形成了像杨金沟里、东沟地区的局部侵蚀间断面。

随着时间发展,地壳活动加剧,有中基性火山岩浆沿着深断裂频繁喷溢,并携带了大量金、铜等有益组分。在火山喷溢的间歇又接受碎屑岩和碳酸盐岩沉积,组成一套安山岩、安山质凝灰岩、玄武安山岩夹砂岩、碳酸岩建造。此中基性火山岩含金量高,是本区的主要矿源之一。

在二叠纪早期,部分地段逐渐下降,接受沉积,当时海盆地处于动荡不定阶段,为此发育了较典型的浊积岩沉积。到二叠纪末期,地槽开始回返,EW向和SN向构造活动更加强烈,使原来赋存于五道沟群的Au等有用元素开始活化、迁移,在构造条件适当处(层间裂隙、破劈理带等)沉淀下来,形成了一些金铜矿床。

2 区域矿产分布规律

任何矿产的形成都是地壳在一定发展阶段的演化结果,是各种地质作用的综合产物,它们在地壳中的分布显示出一定的规律性,而这种规律乃是多方面的成矿地质信息的综合反映[1]。本区的矿产以金为主,其次为钨、铜、钼等有色金属。

2.1 地层控矿作用

区域内地层出露的面积不大,只占全区面积的30%左右,因岩浆的多次侵入,使地层支离破碎,地层由老到新有:下古生界五道沟群、上古生界二叠系下统寺洞沟组、三叠系上统托盘沟组、新生界第三系珲春组及第四系的现代河床冲积物[2]。

2.1.1 下古生界地层控矿作用

① 收稿日期:2007-09-06 作者简介:焦玉凯(1965-),男,辽宁省锦州市人,工程师,主要从事野外地质勘查及找矿工作。

维普资讯 http://www.cqvip.com

(1)一段—变质砂岩夹变质火山岩段(Pz_1wd^1)

该段主要岩性为灰绿色变质硬砂岩、变质石英砂岩、黑云母片岩、夹变质中酸性火山岩。通过实测地质剖面取样分析,结果表明,w(Au)为 0.01×10^{-6}～0.04×10^{-6},平均为 0.02×10^{-6},含金曲线呈尖锯齿状。其中高值落在变质火山岩区,说明金丰度值较高者是变质火山岩引起。高者可达0.05×10^{-6}～0.06×10^{-6}。

(2)二段—绿片岩段(Pz_1wd^2)

主要岩性由绿色角闪片岩、黑色石英片岩、角闪石英片岩夹变质火山岩及大理岩透镜体组成。经实测剖面取样分析,w(Au)为 0.02×10^{-6}～0.04×10^{-6},平均为 0.03×10^{-6},含金曲线呈平缓波状,该段为含金值较高地段。

(3)三段—红柱石云母片岩段(Pz_1wd^3)

其岩性为红柱石黑云片岩、红柱石二云片岩、黑云石英片岩、堇青石红柱石二云石英片岩夹变质粉砂岩、底部为含石榴石红柱石黑云片岩,实测剖面取样分析,结果表明,w(Au)为 0.01×10^{-6}～0.02×10^{-6},含金曲线平直,近于水平线。

综合分析,可以看出,下古生界五道沟群地层普遍金丰度值较高,特别是二段,金丰度值更高些,均高于地壳中克拉克值几倍或十几倍。

2.1.2 上古生界二叠系地层控矿作用

区域内出露二叠系下统寺沟组,呈近EW 向的条带状展布,北部与五道沟群呈断裂接触,南部被花岗岩侵入。分析结果表明,平均w(Au)为 0.003×10^{-6},低于克拉克值,故本层不是金的矿源层。

2.1.3 中生界地层控矿作用

本区域中古生代地层仅出露三叠系上统托盘沟组,出露面积不大。在该套地层中,下段的砾岩胶结物中普遍含金,w(Au)0.07×10^{-6}～0.26×10^{-6},说明附近的第四系砂金矿的形成与这套地层的砾岩含金有密切关系。

2.2 侵入岩控矿作用

本区内岩浆活动频繁,岩浆岩出露广泛,现将侵入岩划分三个侵入期次,即华力西晚期,印支期及燕山早期。有些岩浆活动与金矿形成关系密切,不仅可以带来成矿物质,而且由于岩浆侵入时产生的热能使周围地质体中的金元素活化、迁移。在有利空间聚集成矿,现从老到新简述岩浆岩与金矿的关系。

2.2.1 华力西晚期侵入岩

(1)第一阶段侵入岩($\upsilon_4^{3(1)}$、$\delta_4^{3(1)}$)在本区呈近SN走向的小岩株产出,主要岩石类型为前山及河东屯辉长岩、小西南岔、杨金沟及小梨树沟的闪长岩。岩石的矿化、蚀变较普遍,在空间分布上与金铜矿化有一定联系。

(2)第二阶段侵入岩($\gamma_4^{3(2)}$)

主要分布在东部大六道沟一带,呈大面积的岩基产出,其岩性为黑云母斜长花岗岩,w(Au)为 0.01×10^{-6},金含量较高。但该岩体具重熔形成的特点,它重熔了含金较高的下古生界五道沟群,使金活化、迁移。富集在该岩体之中,局部富集为矿体或矿化体。

(3)第三阶段侵入岩($\gamma o_4^{3(3)}$、$\gamma\delta_4^{3(3)}$、$\delta o_4^{3(3)}$)主要分布在小西南岔及大西南岔一带,呈岩基状产出,岩石类型为石英闪长岩,花岗闪长岩及似斑状斜长花岗岩,w(Au)为0.01×10^{-6}～0.05×10^{-6},含金较高。在该阶段的侵入岩中有 8 处金铜矿(化)点,说明该阶段侵入岩在空间分布上与金铜矿化有关,该岩体也是由下古生界五道沟群经过重熔形成的,金来源于五道沟群。

2.2.2 印支期侵入岩

二长花岗岩出露在雪带山附近,呈岩基状产出,w(Au)为 0.001×10^{-6}～0.0056×10^{-6},二长花岗岩含金很低。

2.2.3 燕山早期侵入岩

(1)第一阶段侵入岩($\delta_5^{2(1)}$)分布在闸枝附近,闪长岩呈岩株状产出,w(Au)为0.000×10^{-6}～0.005×10^{-6},低于克拉克值,说明与金无成因联系。

(2)第二阶段侵入岩($\gamma o_5^{2(2)}$)该斜长花岗岩分布在东南岔及四道沟一带,平均w(Au)为0.012×10^{-6},含金较高。说明金铜矿化与这套侵入岩不但在空间分布上有联系,而且在成因上有亲缘关系。

(3)第三阶段侵入岩($\alpha_5^{2(3-1)}$、$\delta\mu_5^{2(3-2)}$、$\gamma o_5^{2(3-3)}$)分三次侵入,第一次侵入岩为次安山岩($\alpha_5^{2(3-1)}$),分布在大西南岔附近,呈小岩株产出;第二次侵入为石英闪长玢岩及花岗斑岩($\delta\mu_5^{2(3-2)}$),分布在杜北山及农坪一带,呈小岩株状产出;第三次侵入岩为二长花岗岩及花岗岩($\gamma o_5^{2(3-3)}$),呈小岩株产出,分布在四道沟两侧。在地质调查中,经取样分析,含金有所不同,次安山岩w(Au)平均为0.01×10^{-6},石英闪长玢岩及闪长玢岩中w(Au)平均为0.015×10^{-6},花岗斑岩w(Au)为 0.013×10^{-6},而二长花岗岩及花岗岩 w(Au)为0.000×10^{-6}～0.002×10^{-6},说明在次安山岩、石英闪长玢岩、闪长玢岩及花岗斑岩中含金较高,与金铜矿化在空间上和成因上有联系。因此,笔者认为在区域内燕山早期成矿与次安山岩、闪长玢岩、石英闪长玢岩等小的侵入体有关,它们也是本区金的成矿物质

维普资讯 http://www.cqvip.com

来源之一。

2.3 构造控矿作用

地质构造不仅控制了内生矿产，同时也控制了外生矿产的生成，并对矿体的规模、展布方向乃至品位均有一定的控制作用，本区构造发育，有EW向构造、SN向构造、NNE向构造及NNW向构造。

2.3.1 EW向构造

EW向构造长期发育，多期活动，不但控制侵入岩的展布，而且也控制矿产的分布。大西南岔至香房子河EW向断裂带中有金、铜矿点及矿化点20多处，同时也控制了燕山早期次安山岩、闪长玢岩的侵入。这就说明了本区EW向构造在空间上与金铜矿化有密切关系，属本区控矿构造。

2.3.2 SN向构造

本区域有一条强烈的SN向褶断带，EW向挤压应力作用而形成SN向五道沟向斜。北起小西南岔，经五道沟至前山，从北到南全长36km，伴随五道沟向斜构造不断加强，产生一系列SN向压性及压扭性断层。其中规模较大的有四道沟和五道沟南北向断层。在这SN向褶断带内有明显的金和白钨矿的自然重砂异常，同时也有金铜矿床和矿点、矿化点分布，像大型的小西南岔金铜矿床、杨金沟中型金矿床。

2.3.3 NNE和NNW向构造

NNE和NNW向构造为次一级构造。NNW向构造是小西南岔金铜矿含矿构造，NNE向构造是成矿后构造，但对矿体破坏不大。

2.4 围岩蚀变作用

区内的围岩蚀变作用较强烈，这就说明热液活动强烈且普遍，有可能形成矿体和矿化体。笔者根据围岩蚀变的强弱，绘制了蚀变强弱程度分带，可以明显勾划出一个近SN向的蚀变带及几个不甚连续的EW向蚀变带，构成一个近似“丰”字形分布图。区内围岩蚀变类型较多，有硅化、绢云母化、黄铁矿化、绿泥石化、绿帘石化、云英岩化、角岩化等。其中与金矿化密切联系的围岩蚀变有绢云母化、硅化、黄铁矿化，因此围岩蚀变是本区有效的找矿标志之一。

3 勘查靶区预测

本次研究利用矿床地质参数、遥感地质参数、重砂参数和水系沉积物参数，引用多种地质研究成果提取信息，经综合分析来进行靶区的圈定及评价。

3.1 多元综合成矿信息和勘查靶区预测参数组

勘查靶区预测的正确与否，直接与预测参数选择密切相关。本次研究在矿床地质研究和区域成矿规律分析的基础上，采用地质、重砂、水系沉积物地球化学和遥感地质等多元信息，经对已知矿床研究成果的检验和拟合，选取靶区预测参数组。

3.2 多元参数选择依据

虽然，本区研究程度相对较高，但投入生产矿山的较少，达不到多元统计分析所需的标准统计样本数。本次采取的研究方法是：以已知有限的矿床作为研究对象，根据所选取的多元参数在已知矿床上出现的频率，判断参数的预测功效大小，再推广未知预测区，预测区如有已知矿床上出现频数较多的参数显示，则为有利成矿靶区，并以多元参数综合分析，确定靶区。现选取本区典型的矿床5个，即小西南岔北山矿段、小西南岔南山矿段、大西南岔矿床(点)、杨金沟矿床、大六道沟矿床为研究对象。

3.3 矿床地质参数

对典型矿床的地质参数的研究，是为靶区预测和评价提供了矿床地质依据。在1/5万地质图上选取的矿床地质参数见表1。

表1 矿床地质参数统计表

Table 1 Statistics of geological parameters of the deposit

典型矿床	符合带行律	围岩		距离岩体接触带(m)	有无小岩体或岩脉	>5km构造				<2km构造				
		岩浆岩	变质岩			NE	NW	EW	SN	NNE	NNW	NE	EW	SN
小西南岔北山	1	1	0	<100	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0
小西南岔南山	1	1	0	<200	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0
杨金沟金矿	0	0	1	400	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
大六道沟金矿	1	1	0	400	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
大西南岔金矿	1	1	0	500	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1

注：1表示存在，0表示不存在

维普资讯 http://www.cqvip.com

矿床地质参数组的统计表明，本区矿床较优先出现在岩体内，距岩体的接触带500m距离内，脉岩或岩株发育，矿脉的产状以NNW、NNE和NE向为主。

3.4 遥感地质参数

遥感地质对认识线性、环形和褶曲构造有独特的功效，其与地质、地球化学进行综合分析，能为靶区预测提供重要依据[3]。

本次选用的参数在已知矿床上的统计结果见表2。

表2 遥感地质参数统计表

Table 2 Statistics of remote sensing geological parameters

	距环形构造边缘距离(m)	小规模环形构造	环环交切	线环交切	>5km构造				<2km构造				
					NE	NW	EW	SN	NNE	NNW	NE	EW	SN
小西南岔北山	<100	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
小西南岔南山	<200	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
杨金沟金矿	<100	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
大六道沟金矿	<2300	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
大西南岔金矿	<400	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0

注：1表示存在，0表示不存在

环形构造可以是岩浆侵位形成的，也可由火山、热晕和水系作用形成，其对热液矿床的产出有一定的控制作用。本区环形构造可分为明显的两个区域，大致以杨金沟—杜荒岭一线为界，其北东、南西各一个大环，各配有一系列小环组成。北东侧大环大致分布于春化—杨金沟—小西南岔一带，在四道沟—马滴达迭加有众多小环。

遥感信息参数揭示，预测靶区应与已知矿床的特征相似，即在环形构造区域的周边，尤其是环形和环形构造交切部位，NNW、WWE和NE向线形构造与环形构造的交切部位，应是优选预测的区域(见图1)。

3.5 重砂参数

依据收集到的重砂数据，本文提取了溯源金矿物颗粒数、金矿物总重量、金矿物平均重量、金矿物最大颗粒粒径等参数，结合汇水盆地划分提取成矿预测参数(见表3)。

3.6 次生晕参数

由于地表营力作用，矿床的原生晕场产生变化、迁移而形成次生晕。本次主要收集了1/5万的土壤地球化学、水系沉积物地球化学和部分1/1万土壤地球化学的资料，进行参数信息提取(见表4)。

1/5万水系沉积物中，Au、Cu次生晕异常均有较好显示。1/5万土壤地球化学信息中，已知金矿区附近，Au、Cu、Mo出现峰值的比例分别为80%、80%和60%，而Co、Pb、Zn则分别为20%、40%、20%，表明Au、Mo和Cu的指示效果好，而Co、Pb、Zn的指示性差。

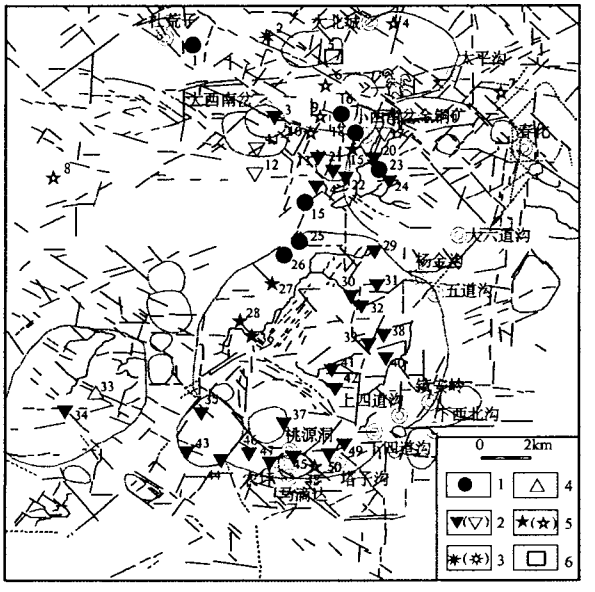


图1 遥感线性构造、环形构造解译图

Fig. 1 Interpreting map of remote sensing linear and ring structure

1—金铜矿矿(化)点 2—金矿矿(化)点 3—铜铅锌矿矿(化)点 4—金铅矿矿(化)点 5—铜矿矿(化)点 6—铅锌矿矿(化)点

4 勘查靶区的评价

依据前述的参数信息与已知矿床的验证，本研究利用矿床地质参数、遥感地质参数、重砂参数和水系沉积物参数、次生晕地球化学参数，进行信息提取，对勘探靶区进行综合圈定及评价。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表3 重砂参数统计表

Table 3 Statistics of heavy sand parameters

	溯源区	金矿物颗粒数		金矿物总重量		金矿物平均重量		金矿物最大粒径	
		数值(粒)	附近是否具峰值	数值(mg)	附近是否具峰值	数值(mg)	附近是否具峰值	数值(mm)	附近是否具峰值
小西南岔北山	0	3	1	0.0002	1	<0.05	0	0.35	1
小西南岔南山	0	3	1	0.0002	1	<0.05	0	0.35	1
杨金沟金矿	0	2	1	<0.0001	0	<0.05	1	0.15	1
大六道沟金矿	1	4	1	0.0005	1	<0.05	1	0.25	1
大西南岔金矿	1	5	1	0.0005	1	0.00025	1	0.25	1

注:1 表示存在,0 表示不存在

表4 地球化学晕场参数统计表

Table 4 Statistics of geochemical halo field parameters $w_B/10^{-9}$

特征 / 矿床	1/20 万化探扫面		1/5 万水系沉积物		1/5 万土壤地球化学					
	Au	Cu	Au	Cu	Au	Cu	Co	Pb	Zn	Mo
小西南岔北山	7~11(1)	60~100(1)	160(1)	320(1)	250(1)	160(1)	60(0)	20(0)	35(1)	20(1)
小西南岔南山	7~11(1)	60~100(1)	160(1)	320(1)	250(1)	160(1)	55(0)	25(0)	25(0)	25(1)
杨金沟金矿	1.89(1)	18(0)	0(0)	0(0)	4(0)	<20(0)	50(0)	20(1)	20(0)	10(1)
大六道沟金矿	7(0)	50(0)	80(1)	20(1)	60(1)	100(1)	50(0)	0(0)	32(1)	6(0)
大西南岔金矿	1(1)	25(0)	10(1)	40(1)	6(1)	20(0)	50(1)	40(1)	20(0)	10(1)

注:括号内1表附近存在峰值,0 表示不存在

4.1 靶区的分级及其指标

靶区的圈定依据是各种参数的综合信息,在前述的研究中由于不同参数组与已知矿床验证的程度不同,故依据信息组显示的强弱差异,划分出不同级别的靶区,分述如下:

(1) Ⅰ级靶区 符合带行律,围岩为岩浆岩,距岩体接触带500m以内、存在小岩株或岩脉,存在<2km的NNW、WWE和NE向构造,距环形构造边界400m以内有小规模的环形构造,存在环环相交切或线环相交切的部位,总体上在重砂诸参数具有峰值的地段附近,1/20万化探扫面金峰值区、1/5万水系沉积物和土壤地球化学金铜峰值区附近,各类信息较齐全的预测靶区。

(2) Ⅱ级靶区 围岩为岩浆岩,距岩体接触带500m以内,距环形构造边缘400m以内,存在环形或线环交切,存在<2km的NNW、NNE或NE向线性构造部位,重砂的溯源区或总体上重砂诸参数有利,次生晕总体上有利或存在矿点(矿化点)的区域。

(3) Ⅲ级靶区 矿床地质参数或遥感地质参数总体上有利的区域。重砂或次生晕参数总体上有利,其余信息缺失或为一般的区域。

4.2 靶区圈定及特征

在地质资料分析基础上,以多元综合信息和分级判别标准为依据,本次共圈定16个靶区,其中Ⅰ级8个,Ⅱ级4个,Ⅲ级4个(见图2)。

Ⅰ-1号靶区 区内发育有岩浆岩体和老变质岩地层,发育有较多的小岩株,构造复杂,遥感影像为大环的边缘,又有小环构造和线性构造的交切,重砂、次生晕等具有明显Au、Cu异常。

Ⅰ-2号靶区 位于珲春铜金矿西侧的岩浆岩区,地质图上未显有小岩体,但总体位于环形构造边缘,且大小环交切,蚀变信息显示其有一系列NE向影像,重砂、次生晕均为矿化有利地段。

Ⅰ-3号靶区 位于塔子沟村北部,主体为岩浆岩,距岩体接触带>5km,存在小岩体;遥感解译其为环形的边部,有一系列NE和NW线性构造,重砂异常和次生晕异常表明其也是矿化有利地段。

Ⅰ-4号靶区 位于大西南岔,区内除小岩株未显示外,其它参数均显示为十分有利的地段。

维普资讯 http://www.cqvip.com

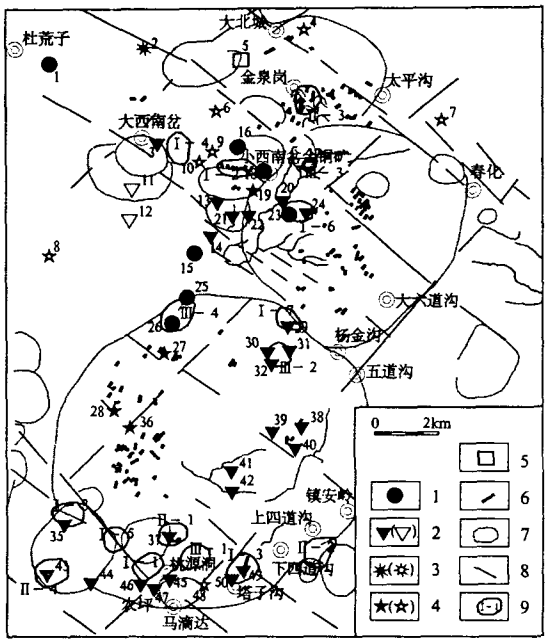


图2 晖春东北部成矿规律与预测靶区图

Fig. 2 Map showing the ore-forming rules and predicting target areas of Northeastern Huichun

1—金铜矿矿(化)点 2—金矿矿(化)点 3—铜铅锌矿矿(化)点 4—铜矿矿(化)点 5—铅锌矿矿化点 6—提取的蚀变带 7—遥感解译环形构造 8—遥感解译主要线性构造 9—预测靶区及编号

此外,下四道沟Ⅱ—2号、桃源洞Ⅲ—1号和金泉岗Ⅱ—3号等靶区也是较好的地段。

5 结论

对矿床密集区进行理论预测是从研究成矿物质供应源的角度评价成矿远景的重要方法,笔者应用初始地壳元素丰度、遥感等信息的多元综合分析,评价了吉林省珲春东北部地区成矿潜在远景,从而提高了预测效果的科学性。由于受选取已知矿床及提取成矿信息数量的限制,预测效果受到不同程度的影响,但运用此类方法进行成矿预测是一种重要的新技术,具有很大的发展前景。

参考文献:

[1] 裴荣富,等. 国家攀登计划项目85B-34-02课题成果——难识别及隐伏大矿、富矿资源潜力的地质评价[M]. 地质出版社,2001,1-3.

[2] 耿文辉,姚金炎. 中国东部次火山岩型铜银多金属矿床找矿规律[J]. 矿产与地质,1999,13(4):193-198.

[3] 孟庆丽,周永超,柴设立,等. 中国延边东部斑岩—热液脉型铜金矿床[M]. 长春:吉林科学技术出版社,1995,12-13.

[4] 刘连登,陈国华,吴国学,等. 中国金矿地质研究述评——为贺庆《黄金》创刊20周年而作[J]. 黄金,2000,21(1):1-16.

Ore-forming rules and prospecting direction of the Au-Cu mineralization area in Eastern Yanbian

JIAO Yu-kai

(*Huichun Zijin Mining Co.,Ltd, Huichun, Jilin* 133314, *China*)

Abstract: The Au-Cu mineralization area in Northeastern Huichun is relative to activities of Paleozoic and Mesozoic volcanic magma. Through researching Mesozoic volcanic rocks, geological characteristics of ore area, tectonic ore-controlling characteristics and known typical deposit, it has distilled multivariate synthetical ore-forming information, and concluded rock-controlling, ore-controlling conditions and prospecting indicators in mineralization area, as well as confirmed prospecting target areas and direction in this area with ore-forming perspective being evaluated.

Key Words: Au-Cu mineralization area, ore-forming rules, synthetical ore-forming information, prospecting perspective, Eastern Yanbian, Jilin