

西藏玉龙成矿带各贡弄、恒星错、马牧普 地球化学异常优选评价

张世铭, 肖渊甫, 龚婷婷, 何佳乐, 王 强, 张 林, 孙建东

成都理工大学 地球科学学院, 成都 610059

摘要:各贡弄、马牧普、恒星错为玉龙成矿带上具有找矿潜力的地球化学异常区,综合考虑成矿地质条件和地球化学数据的异常区评价方法能降低资源勘查的风险和投入。本文采用确立评价指标并量化赋值,按指标的得分对异常区进行优选评价的方法,分析了各异常区的地质特征并类比玉龙成矿带的成矿地质背景确定地质评价指标(GP),并据此分析异常区以铜为主的多元素水系沉积物测量数据,将衬度、面金属量、元素组合、变异系数作为地球化学评价指标(GCP)。对各指标按其成矿有利程度赋值,根据评价指标赋值和权重对异常区进行打分,最后用现有工作程度的勘查成果对上述优选结果进行检验,优选结果与实际矿床规模一致,得分高的地区其资源潜力大,将定性的成矿地质条件量化,可提高异常区优选评价的可靠程度。

关键词:玉龙成矿带;地球化学异常;异常评价优选;西藏

中图分类号:P596 文献标识码:A 文章编号:1007-2802(2012)04-0354-07

Optimal Selection Assessment on Geochemical Anomalies at Gegongnong, Hengxingcuo, Mamupu in the Yulong Metallogenic Zone, Tibet

ZHANG Shi-ming, XIAO Yuan-fu, GONG Ting-ting, HE Jia-le,
WANG Qiang, ZHANG Lin, SUN Jian-dong

College of Earth Science, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China

Abstract: Gegongnong, Mamupu and Hengxingcuo, the three geochemical anomalies in the Yulong metallogenic belt, have resource potential. Optimal selection method of combining the geological background with the geological characteristics can reduce exploration risk and investment. This paper gives a geochemical evaluation index and a quantitative indicator to assess the optimal selection of geochemical anomalies. The geological evaluation index (GP) is determined by analyzing the geological conditions and the similarities of the geological characteristics in the three areas of the Yulong metallogenic belt, and the geochemical evaluation index (GCP) is determined on the basis of the copper-based multi-elements stream sediment survey data in three zones. Values of the evaluation indexes are assigned according to indicators roles in the mineralization. The final scores of the three areas are determined by combining the score and the weight of GP and GCP. Finally, the optimization results, which show consistence with the scale of the deposit, are verified with the exploration results. It is suggested that the high value areas have huge resource potential and that the evaluation reliability can be improved by better quantification of the geological conditions.

Key words: Yulong metallogenic belt; geochemical anomaly; optimal selection; Tibet

玉龙成矿带位于西藏东部,由以玉龙斑岩铜(钼)矿为代表密集分布的数十个以铜为主的多金属矿床组成,属世界三大主要斑岩铜矿带之一——特

提斯—喜马拉雅成矿带的组成部分^[1]。该带南北延伸约400 km,东西宽约30~60 km^[2]。构造线方向在北部呈北西—南东向,向南逐渐转为近南北向^[3],

收稿日期:2011-08-26 收到,10-18 改回

基金项目:国务院学位办矿物学岩石学矿床学国家重点(培育)学科建设项目(SZD0407);全国地调重点项目(1212010881631)

第一作者简介:张世铭(1986—),男,硕士研究生,矿产普查与勘探专业。E-mail:encough@163.com.

通讯作者:肖渊甫(1957—),男,教授,主要从事岩石学研究。E-mail:xyf@cdut.edu.cn.

矿带北宽、向南逐渐变窄直至消失。玉龙成矿带自上世纪六七十年代发现以来,有许多学者对其进行研究,唐仁鲤、罗怀松等^[4]详细研究了地质特征;马鸿文^[5]主要研究成矿斑岩体的地球化学特征;近年来,唐菊兴等^[6]进行了资源评价。本文依托西藏资源潜力评价项目,综合考虑异常区地球化学数据和成矿地质条件,引进相关评价指标,对异常区进行了打分优选。

1 成矿地质背景

玉龙成矿带内成矿有利地层为上三叠统阿堵拉组(T_3a)、甲丕拉组(T_3j)和波里拉组(T_3b)以及下

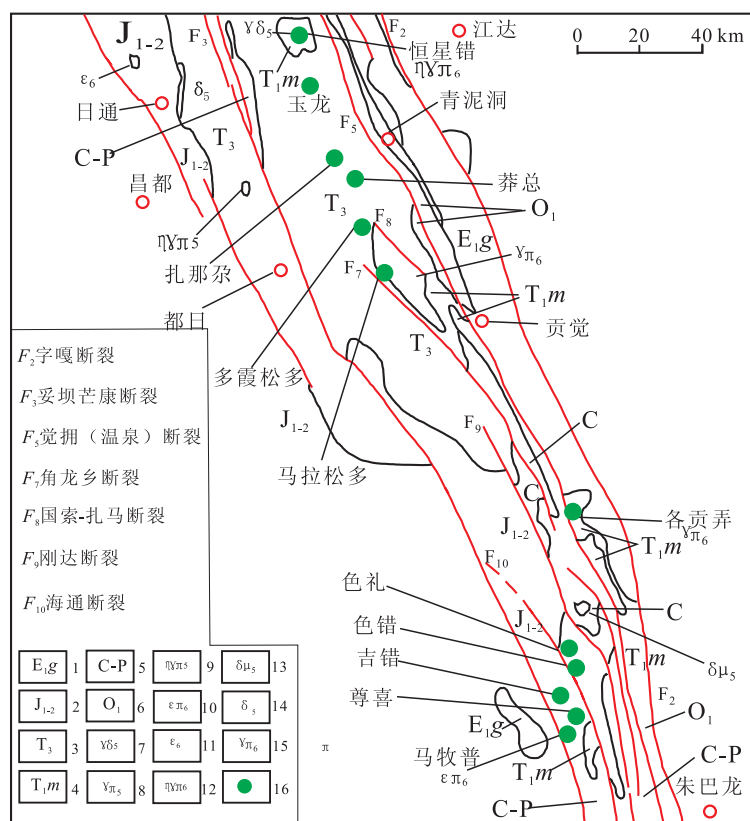
三叠统马拉松多组(T_1m)^[4,7]。目前带内已发现中酸性斑岩体近百个^[4],含矿斑岩体多为黑云母二长花岗斑岩,多以 $0.3\sim 0.8\text{ km}^2$ 的小岩株产出^[4,8]。斑岩体呈带状展布、成群集中的特征。岩浆主要侵入到古生界片麻岩及波里拉组灰岩;甲丕拉组、阿堵拉组的砂泥岩中成矿。

带内断层走向和昌都地块构造线方向基本一致,大体处于北西向构造向南北向构造转折部位,分布范围最大的是成矿带东缘的觉拥(温泉)断裂和西侧的妥坝芒康断裂^[9]及其派生的一系列次级断层(图1)。矿床以铜多金属矿为主,主要为斑岩型、岩浆热液型;大型、特大型的矿床与喜马拉雅期中酸性岩浆活动有关。

玉龙成矿带内矿产地分布明显受构造和岩体控制,依区域的主要控矿断裂方向成带分布。成矿部位多位于主断裂和次级断裂交汇处^[6],对斑岩成矿带影响较大的是觉拥(温泉)断裂。各异常区的主要地质特征如下:

(1)各贡弄矿区:位于贡觉县阿旺乡东南 17 km 的各贡弄冲沟上游^[10]。出露地层为下三叠统马拉松多组(T_1m),包括上部碎屑岩段,中部火山岩段和下部碎屑岩段,地层呈单斜产出;主要构造为断裂构造,有近南北向、北西西向和近北东东向三组。岩浆岩主要为喜马拉雅期二长花岗岩和燕山期花岗闪长斑岩^[5],喜马拉雅期的岩浆活动与成矿关系密切。

(2)恒星错异常区:位于昌都县妥坝区,在特提斯-喜马拉雅构造域东部的三江构造带中部^[11],构造线由近东西向急转为近南北向的转折部位,大地构造位置独特。出露地层有:①下三叠统马拉松多组(T_1m),其上部为浅灰色流纹质晶屑凝灰岩、晶屑熔结凝灰岩、流纹质晶屑玻屑凝灰熔岩夹块层石英砾岩。下部为黄灰色中-厚层变质岩屑石英杂砂岩与板岩呈不等厚互层。②上三叠统甲丕拉组(T_3j),为灰色、灰黑色、绿灰色、紫红色中-厚层长石石英砂岩、粉砂泥页岩互层夹深灰色灰岩^[12]。③上三叠统波里拉组(T_3b)为灰色、深灰色亮晶生物碎屑灰岩、砂屑灰岩夹泥晶-粉晶灰岩。东北角发育一条北西向断层,马拥穹窿北西向展布,核部为



1-新生界;2-侏罗系中下统;3-三叠系上统;4-三叠系下统马拉松多组;5-石炭-二叠系;6-奥陶系下统;7-花岗闪长岩;8-花岗岩;9-斜长花岗斑岩;10-正长斑岩;11-正长岩;13-闪长玢岩;12-斜长花岗斑岩;14-闪长岩;15-二长花岗斑岩;16-矿产地

1-Cenozoic;2-Middle-Lower parts of Jurassic; 3-upper parts of Triassic; 4-malasangduo groups of Lower Triassic; 5-permo carboniferous; 6-lower Ordovician; 7-granodi orite; 8-granite-porphry; 9-mon zonitic granite porphyry; 10-syenite porphyry; 11-syenite; 12-mon zonitic granite porphyry; 13-dioritic porphyrite; 14-diorite; 15-granite-porphry; 16-mineral producing area

图1 玉龙铜矿带地质略图(据西藏地矿厅地质六队底图修改)

Fig.1 The geological scheme of the Yulong metallogenic zone (Modified from No. 6 geological brigade, Tibet bureau of geology and mineral resources)

花岗闪长岩体,盖层为上三叠统甲丕拉组地层。出露的岩浆岩主要为花岗斑岩、花岗闪长岩,见少量岩脉。

(3)马牧普异常区:芒康县境内,出露地层主要为晚三叠世阿堵拉组(T_3a)长石石英砂岩、石英砂岩及角岩化石英砂岩、角岩等。另可见少量炭质粉砂岩、硅质岩^[13]。岩浆岩分布于该区中部,以正长斑岩为主,位于昌都—芒康陆内拗陷与金沙江褶皱隆起带之间的马牧普被斜轴部及其附近。

2 地球化学异常特征

2.1 各贡弄地球化学异常特征

各贡弄异常区 Cu-Au-Ag 组合异常面积约 30 km²(表 1),异常元素组合有 Au、As、Cd、Sb、Pb、Zn、Cu 及 Mo、Bi 等,其中 Au、Ag、Cu 等具三级浓度分带和突出的浓集中心。异常呈同心环状分布,与玉龙水系沉积物异常一致,是寻找玉龙式斑岩铜矿的有利地段。

表 1 各贡弄、恒星错和马牧普水系沉积物元素异常特征值^[9]

Table 1 The characteristics of elements anomalies in the stream sediments of Gegongnong, Hengxingcao and Mamup^[9]

元素	背景值($\times 10^{-6}$)	异常衬度	平均值($\times 10^{-6}$)	最大值($\times 10^{-6}$)	标准离差	偏度	峰度	面积/km ²
各贡弄	Au	6.00	8.22	6.68	65.5	3.47	14.39	242.34
	Ag	0.35	4.62	0.4	3.00	0.25	4.31	36.25
	Cu	69.5	12.11	97.2	2785.5	187.43	10.72	136.78
	Pb	65.00	2.2	87.14	473.00	75.97	2.64	7.59
	Zn	95.00	3.03	131.16	985.5	117.97	3.8	17.99
	Mo	1.00	5.12	3.03	112.6	9.53	7.53	68.33
恒星错	Au	1.4	4.12	2.37	35.00	3.63	5.86	41.38
	Ag	0.18	5.73	0.3	4.7	0.5	6.19	43.69
	Cu	17.20	1.67	20.89	70.80	11.02	1.33	2.01
马牧普	Au	7.00	1.5	9.8	680.00	40.31	15.89	261.57
	Ag	0.35	1.04	0.45	30.00	1.72	17.17	295.44
	Cu	64.50	2.58	67.69	254.50	23.78	3.12	16.94
	Pb	60.80	3.85	111.43	1078.0	153.23	3.87	17.64
	Zn	91.20	2.60	110.44	572.50	66.14	2.88	13.31

该区成矿地质条件较好,具备有利于形成斑岩铜矿的构造条件和岩浆岩条件,异常元素组合属斑岩型铜金银多金属矿的元素组合。异常元素的高值区与成矿有利部位套合较好,强度高,闭合好(图 2),为矿致异常,异常源在河谷水系的上游。

2.2 恒星错地球化学异常特征

区内主要展布 Cu-Ag-Au 组合异常,最高值分别为 70.8×10^{-6} 、 4.7×10^{-6} 、 35×10^{-9} (表 1)。异常规模大,约 23 km²。形态复杂、套合好。以 Cu 异常为中心,Ag、Au 异常围绕其外。Cu 异常呈圆形、椭圆形,套叠关系清楚,具有两个异常中心(图 3)。Ag 异常呈椭圆形,总体北西南东向展布,强度较大。

异常出现在二长花岗斑岩周围及二长花岗斑岩与花岗闪长岩的接触带附近,与斑岩体相关,为矿致异常,能很好的指示矿化程度。在二长花岗斑岩体内外接触带上存在着两条北西西向的矿化破碎带,带内普遍存在孔雀石化、黄铜矿化、黄铁矿化。从元素组合及其形态来看,为斑岩型 Cu 多金属矿床的异常组合。

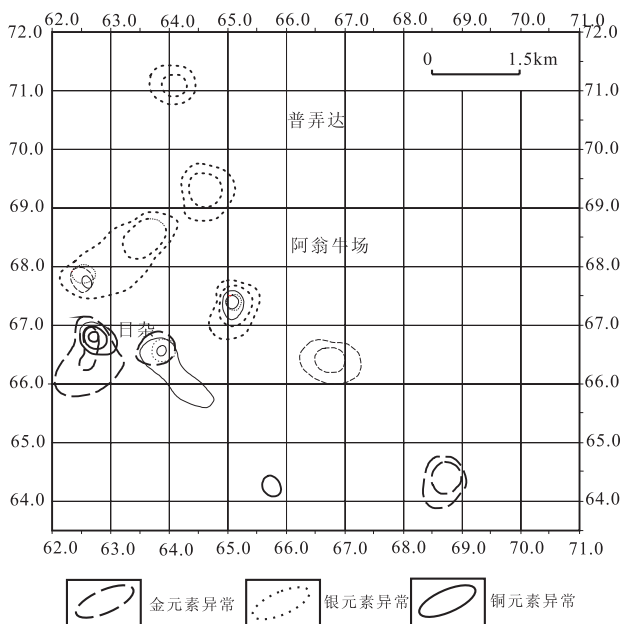


图 2 各贡弄异常区三元素异常图

Fig. 2 The anomalies of three elements in Gegongnong

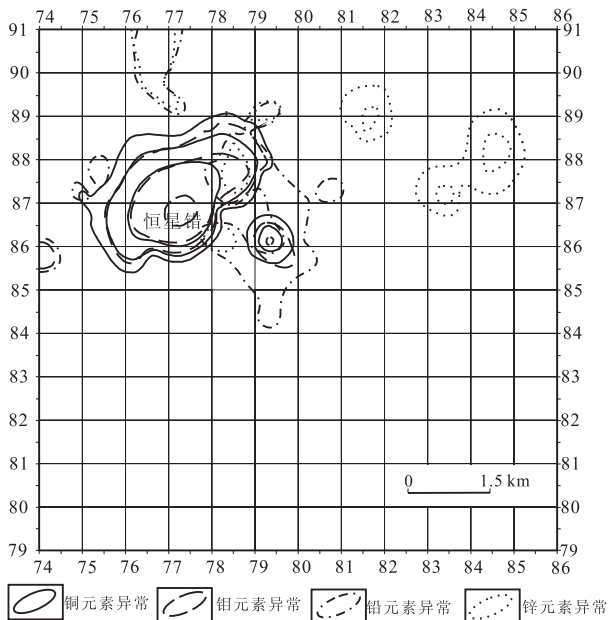


图3 恒星错异常区四元素异常图

Fig. 3 The Anomaly of four elements in Hengxingcuo

2.3 马牧普地球化学异常特征

该区主要为 Au-Cu-Pb-Zn-Ag 元素组合异常,元素套叠好,强度高,主要元素三级浓度梯度明显。中心为 Au 异常,Au 的峰值达 680×10^{-9} 。其中 Cu-Pb-Zn 元素异常套叠极好,强度大,Cu、Pb、Zn 峰值分别为 254.5×10^{-6} , 1078×10^{-6} , 572.5×10^{-6} (表 1)。异常呈不规则的椭圆状,向东圈闭,向西未圈闭(图4),Ag 异常规模较小,在河流的上游

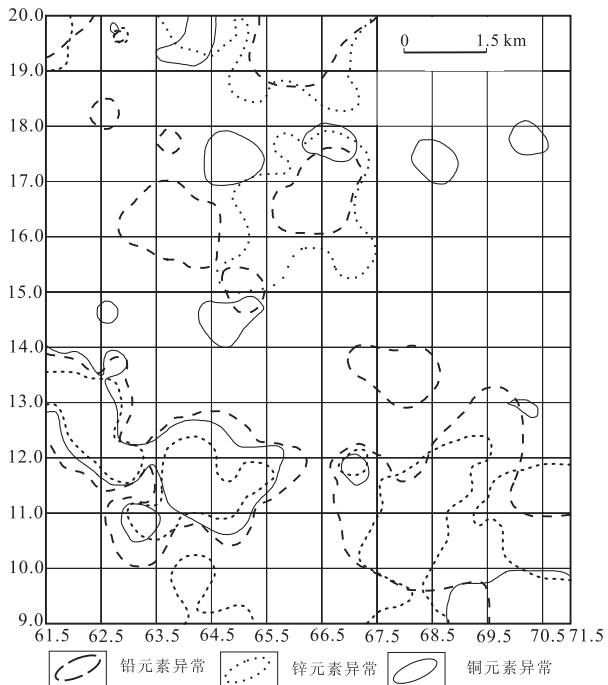


图4 马牧普异常区三元素异常图

Fig. 4 The Anomaly of three elements in Mamupu

有分布,强度较低。金元素的异常强度高,闭合好。

3 异常区优选

3.1 异常优选方法

地球化学异常是深部隐伏矿化最直接的反映,对地球化学数据合理的解释与评价,对非矿异常和矿化异常的区分以及对同类相似异常的优选在地质勘查中显得十分重要。本文主要采用异常区的金属元素含量数据,数据符合对数正态分布,可靠程度高。

地球化学异常评价的指标很多,主要归纳为地质指标和地球化学条件,地质环境的变化导致了元素的分配和迁移,地球化学异常的空间分布特征是地质作用的反映,两者互相关联,并同时成为找矿的基本信息,因此,地球化学异常评价的首选指标为成矿地质条件(GP)和地球化学异常(GCP)。

综合考虑地质条件(GP)和地球化学异常(GCP)评价指标,并将其细化为 GP1、GP2、GP3、GP4、GCP1、GCP2、GCP3、GCP4 等八个指标^[14],按其在成矿中的重要程度及其对矿化的反映程度分别赋予相应权重(表 2)。

表 2 异常评价指标权重赋值表
Table 2 The weights of evaluation index

评价指标	权重	总权重
地质(GP)	赋矿地层	0.1
	控矿构造	0.15
	成矿岩体	0.2
	围岩蚀变	0.15
地球化学(GCP)	衬度	0.1
	NAP(面金属量)	0.1
	元素组合	0.15
	变异系数	0.05
		0.6
		0.4

3.2 异常优选指标的确定依据

区域的元素异常是各种地质活动的产物,良好的地质条件是矿床形成的首要条件,地层、构造、岩浆岩等都是影响成矿的地质条件,对异常区的评价和优选应着重考虑地质因素,根据斑岩型铜矿的特征,选择 GP1(地层)、GP2(构造)、GP3(岩体)、GP4(蚀变)作为异常优选的地质指标^[15](表 3)。

GP1(赋矿地层):围岩为矿液充填提供场所,也是发生交代和蚀变的场所,斑岩型矿床主要发育在围岩和岩体的蚀变带上,对玉龙成矿带来说上三叠统下部甲丕拉组杂色砂页岩及其与波里拉组接触带是成矿最佳地层,所以将其赋值为 9,带内的矿床主要赋存于三叠系地层,其为成矿有利地层,根据异常区地层与成矿的关联程度分别赋值。

表 3 地质评价指标赋值表
Table 3 Geologic evaluation index

异常区	矿物组合	赋矿地层	控矿构造	成矿岩体	围岩蚀变
恒星错	黄铁矿、黄铜矿(3)	下三叠统马拉松多组、上三叠统甲丕拉组、上三叠统波里拉组(9)	北西向断层(5)	花岗斑岩、花岗闪长岩(3)	不明显(1)
各贡弄	黄铜矿、黄铁矿、方铅矿、斑铜矿、磁黄铁矿(9)	下三叠统马拉松多组碎屑岩、灰岩(7)	近南北向和北东向断裂分别为导矿和容矿构造(9)	二长花岗斑岩、花岗斑岩、斜长花岗斑岩(9)	青磐岩化带、石英绢云母化带、钾化带(9)
马牧普	黄铁矿、黄铜矿化、方铅矿(5)	晚二叠统阿堵拉组石英砂岩(5)	马牧普背斜,北北西、北北东、南西向断裂(9)	正长斑岩为主(5)	硅化、角岩化(3)
玉龙成矿带	黄铜矿、辉钼矿、黄铁矿	上三叠统下部甲丕拉组杂色砂页岩及其与波里拉组接触带中	玉龙复向斜东缘的次级褶皱 北西或南北向线型构造	黑云母二长花岗斑岩 正长斑岩	钾化、硅化、绢云母化、粘土化、及电气石化、绿泥石化砂卡岩化,分带性好
中国斑岩铜矿 ^[17]	黄铜矿、辉钼矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、斑铜矿	元古界、中生界地层为主	深断裂或褶皱部位	中酸性浅成超浅成侵入岩	硅化带、钾长石化带、石英绢云母化带、青磐岩化带

注:括号内数值为相应指标的赋值

GP2(控矿构造):整个玉龙成矿带受区域北西和南北向的深大断裂控制,北西向的主断裂与北东向的次级断裂交汇处和褶皱为岩浆主要的侵入部位,是重要的控矿构造,赋值为9,根据每个异常区控矿构造的方向和发育程度对其赋值。

GP3(成矿岩体):根据岩浆岩成矿的专属性及国内斑岩铜矿产出的岩体特征,斑岩铜矿主要产于中酸性浅成超浅成侵入岩,带内成矿可能性最大的岩体为二长花岗斑岩和正长斑岩^[5],赋值为9。

GP4(围岩蚀变):蚀变带是斑岩铜矿床产出的重要部位,铜矿化主要出现在石英绢云母化带,斑岩铜矿的蚀变分带明显,自岩体向外分别为硅化带→钾化带→石英绢云母化带→青磐岩化带^[16],对斑岩铜矿来说蚀变发育程度及其分带特征为异常优选的又一重要指标,若上述蚀变发育完整,赋值为9。

区域地球化学特征是成矿信息的最直接反映,能显示异常元素的组合和强度,对异常面积和异常元素的含量分析可以推断矿床的规模,地球化学数据是资源勘查中获得的具有定量特征的信息,在异常优选中不可忽略,本文地球化学指标(GCP)为:

GCP1(衬度):异常含量与异常下限之比,用来

表示异常的强度和清晰程度。当 $GCP1 \geq 1$ 为异常,衬度越大,显示成矿元素越富集。

GCP2(NAP):面金属量,是对异常规模的反映,规格化面金属量能较稳定地反映矿化程度、规模以及多元素叠加强度,是浅表矿致异常最重要的评价指标之一^[18]。面金属量值大者指示该异常的成矿前景大(表4)。

NAP 计算: $NAP = (X - C_0) \times S$

式中: X 为异常值; C_0 为背景值; S 为异常分布面积。

GCP3(元素组合):异常的元素组合与矿化种类、类型、多来源、多期次矿化有关,对矿床来说其元素不仅仅只有一种,而是与伴生元素共同构成组合,特定的组合对矿床类型及成因有指示意义。

GCP4(变异系数): $Cv = \text{标准离差} / \text{背景值}$,反映异常质量和明显程度,值越大元素中心越突出。

3.3 异常指标综合评价

根据以上确定的地球化学优选指标,按指标的大小和明显程度分别对其分级赋值,将地质条件等定性因素进行量化,力求评价的准确性。异常评价指标的分级及相应赋值(表5)。

表 4 面金属量(NAP)计算表
Table 4 The calculated results of NAP

异常区	Cu ($X - C_0$)	Pb ($X - C_0$)	Zn ($X - C_0$)	Mo ($X - C_0$)	Au ($X - C_0$)	Ag ($X - C_0$)	NAP 均值
各贡弄	3.69				9.7	12	253.9(3)
恒星错	27.7	22.14	66.16	20.3	6.8	5	567.7(7)
马牧普	3.19	50.63	19.24		28	10	510.9(7)

表 5 评价指标量化赋值表

Table 5 The quantitative values of the evaluation indexes

指 标	1	3	5	7	9
GCP1(衬度)	1~1.5	1.5~2	2~2.5	2.5~5	>5
GCP2(NAP)	0~100	100~300	300~500	500~700	>700
GCP3(矿种)	一种	两种	三种	四种	四种以上
GCP4(变异系数)	0~1	1~2	2~3	3~4	>4
GP1(地层)	新生界	元古界,中生界	二叠系或侏罗系	三叠系碎屑岩、灰岩	上三叠统碎屑岩、灰岩
GP2(构造)	次级小型断裂	东西向断裂	南北向断裂或北东向断裂	南北向断裂或北东向断裂与次级断裂交汇处	南北断裂和东西向断裂交汇和褶皱
GP3(岩体)	中酸性侵入岩	花岗斑岩	正长花岗斑岩	二长花岗斑岩	二长花岗斑岩和正长花岗斑岩
GP4(蚀变)	蚀变微弱	蚀变单一,无分带	与铜矿有关蚀变发育	蚀变明显	明显蚀变分带,蚀变带齐全

4 异常区优选效果分析

通过上述异常优选方法,根据异常评价指标赋

值及其权重计算异常区的得分(表 6),表中的得分越高显示相应异常区成矿潜力越好,在进一步开展勘查中应优先考虑。

表 6 异常区优选结果

Table 6 The results of anomalous area selection

异常区	GCP1	GCP2	GCP3	GCP4	GP1	GP2	GP3	GP4	得分
恒星错	9	7	3	5	9	5	3	1	4.6
各贡弄	7	3	9	5	7	9	9	9	6.9
马牧普	5	7	5	5	5	9	5	3	5.2
权重(P)	0.1	0.1	0.15	0.05	0.1	0.15	0.2	0.05	

注: $E = (GCP1 \times P1) + (GCP2 \times P2) + (GCP3 \times P3) + (GCP4 \times P4) + (GP1 \times P1) + (GP2 \times P2) + (GP3 \times P3) + (GP4 \times P4)$

经上述异常区优选方法计算,各测区的异常评价得分分别为:恒星错 4.6 分、各贡弄 6.9 分、马牧普 5.2 分。各贡弄测区为最优异常区,发现大型矿床的潜力较大。根据玉龙成矿带相关资源评价报告^[9],各贡弄测区(334)铜资源量在 0.1 Mt 以上,恒星错测区推测铜金属量小于 1000 t 吨,马牧普异常区因矿体变化较大,无法准确估算资源量。将异常优选结果与以上报告数据比较,优选排序结果基本能够反映矿体规模和资源潜力。

5 结 论

(1)应用地球化学异常评价方法,综合考虑地质条件和地球化学异常特征,将定性的地质条件量化,使评价指标更清晰,增加了异常区评价的客观性。

(2)异常区排序是:各贡弄异常区的得分最高,其次为马牧普测区,恒星错测区次之,以上优选结果对进一步工作的开展有一定的参考价值。

(3)只是应用相关数学方法对地球化学异常区筛选的初探,目的在于减少在地球化学异常筛选中

由于定性评价的人为因素造成的偏差。异常筛选方法没有考虑地球物理、遥感等因素在异常筛选中的作用,部分异常评价指标分级界限缺乏足够的依据。

参考文献 (References):

[1] 张金树,多吉,何政伟,唐菊兴. 西藏玉龙斑岩铜矿带北段成矿规律分析[J]. 地质找矿论丛,2008,23(3):199-203.
Zhang Jinshu, Duo Ji, He Zhengwei, Tang Juxing. Analysis of metallogenic regularity in north Tibet Yulong porphyry copper belt[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2008,23(3):199-203. (in Chinese with English abstract)

[2] 陈建平,顾雪祥,唐菊兴. 玉龙成矿带北段铜(金)矿靶区优选综合研究[J]. 地质评论,2000,46(增刊):64-69.
Chen Jianping, Gu Xuexiang, Tang Juxing. Synthetical research on targets of Cu-Mo-(Au) deposit in the northern sector of Yulong metallogenic zone[J]. Geol. Rev., 2004, 46 (suppl.):64-69. (in Chinese with English abstract)

[3] 陈炳蔚. 三江地区主要大地构造问题及其与成矿的关系[M]. 北京:地质出版社,1991.
Chen Binwei. The main tectonic issues of Sanjiang region and its relationship with metallogenic[M]. Beijing: Geological Pub-

- lishing House, 1991. (in Chinese)
- [4] 唐仁鲤, 罗怀松. 西藏玉龙斑岩铜(钼)矿带地质[M]. 北京: 地质出版社, 1995.
Tang Renli, Luo Huaisong. Yulong porphyry Cu(Mo) deposit belts geology in Tibet[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1995. (in Chinese)
- [5] 马鸿文. 西藏玉龙斑岩铜矿带花岗岩类与成矿[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1990: 12-25.
Ma Hongwen. Granitoid and mineralization of the Yulong porphyry copper belt in eastern Tibet[M]. Beijing: China Univ. Geosci. Pub. House, 1990: 12-25. (in Chinese)
- [6] 陈建平, 唐菊兴, 丛源, 董庆吉, 郝金华. 藏东玉龙斑岩铜矿地质特征及成矿模型[J]. 地质学报, 2009, 83(12): 1887-1995.
Chen Jianping, Tang Juxing, Cong Yuan, Dong Qingji, Hao Jinhua. Geological characteristics and metallogenic model in the Yulong porphyry copper deposit, east Tibet[J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(12): 1887-1995. (in Chinese with English abstract)
- [7] 刘占元, 史长义, 刘崇民. 西藏玉龙斑岩铜钼矿床区域地球化学异常特征和找矿标志[J]. 物探化探计算技术, 2007, 29(增刊): 190-194.
Liu Zhanyuan, Shi Changyi, Liu Chongming. Regional geochemical anomaly characteristics and criteria for ore prospecting of Yulong porphyry Cu-Mo deposit in Tibet[J]. Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration, 2007, 29(suppl.): 190-194. (in Chinese with English abstract)
- [8] 张玉泉, 谢应雯, 梁华英, 邱华宁, 李献华. 藏东玉龙铜矿带含矿斑岩及成岩系列[J]. 地球化学, 2009, 27(3): 236-242.
Zhang Yuquan, Xie Yingwen, Liang Huaying, Qiu Huaning, Li Xianhua. Petro genesis series and the ore bearing porphyries of the Yulong copper ore belt in east Tibet[J]. Geochemistry, 2009, 27(3): 236-242. (in Chinese with English abstract)
- [9] 西藏地矿厅地质六队. 西藏夏日多-马牧普铜金银矿产资源评价报告[R]. 拉萨: 西藏自治区地质调查院, 2003: 1-76.
NO. 6 Geological Brigade. Tibet bureau of geology and mineral resources. Reports of Cu-Au-Ag mineral resources in Xiari duo-Mamupu, Tibet[R]. Lasa: Institute of Geological Survey of Tibet Autonomous Region, 2003: 1-76. (in Chinese)
- [10] 丁枫, 唐菊兴, 黄卫, 陈生华, 张金树. 藏东各贡弄铜金多金属矿床地质特征及其成因初探[J]. 地质找矿论丛, 2005, 20(1): 16-20.
Ding Feng, Tang Juxing, Huang Wei, Chen Shenghua, Zhang Jinshu. Geological characteristics and metallogenesis of the gegongnong poly metallic Cu-Au deposit in east Tibet[J]. Modern Geoscience, 2005, 2(1): 16-20. (in Chinese with English abstract)
- [11] 赵文津. 大型斑岩铜矿成矿的深部构造岩浆活动背景[J]. 中国地质, 2007, 34(2): 183-203.
Zhao Wenjin. Deep tectono magmatic setting for metallogenesis of large porphyry copper deposits[J]. Geology in China, 2007, 34(2): 183-203. (in Chinese with English abstract)
- [12] 陈建平, 邓江红, 李葆华, 唐菊兴, 王奖臻, 王成善. 西藏玉龙上三叠统甲丕拉组沉积特征及铜矿质的初步富集[J]. 沉积学报, 1997, 15(2): 111-117.
Chen Jianping, Deng Jianghong, Li Baohua, Tang Juxing, Wang Jiangzhen, Wang Chengshan. Sedimentary characteristics and copper ore provenance effect of Jiapela formation of upper Triassic in the east Tibet[J]. Acta Sedimentologica, 1997, 15(1): 111-117. (in Chinese with English abstract)
- [13] 成建勋, 叶松青, 丁枫, 唐菊兴. 藏东马牧普地区斑岩型铜金银多金属矿化带地球化学异常评价[J]. 世界地质, 2005, 24(4): 334-337.
Cheng Jianxun, Ye Songqing, Ding Feng, Tang Juxing. Geochemical anomaly evaluation of porphyry-type Cu-Au-Ag polymetallic mineralization zone of Mamupu, eastern Tibet[J]. Global Geology, 2005, 24(4): 334-337. (in Chinese with English abstract)
- [14] 方维萱, 徐杰, 刘正桃. 东疆库姆塔格-沙泉子地区岩屑地球化学异常优选排队方法[J]. 地质与勘探, 2003, 5(39): 57-61.
Fang Weixuan, Xu Jie, Liu Zhengtao. Optimization and queuing of rock fragment geochemical anomalies in the Kumutage-Shaquanzi area of eastern Xingjiang[J]. Geol. Prosp., 2003, 5(39): 57-61. (in Chinese with English abstract)
- [15] 张晓常. 模糊综合评判在地球化学异常评价中的应用[J]. 物探与化探, 2003, 2(27): 107-109.
Zhang Xiaochang. The application of fuzzy synthetic judgment to the appraisal of geological anomalies[J]. Geophy. and Geochemical Exploration, 2003, 2(27): 107-109. (in Chinese with English abstract)
- [16] 周宜吉. 玉龙矿带中斑岩铜矿的控矿因素及其成因探讨[J]. 地质评论, 1980, 26(4): 358-361.
Zhou Yiji. Ore controlling factors and genesis of the porphyry copper deposits in the Yulong ore belt[J]. Geol. Rev., 1980, 26(4): 358-361. (in Chinese with English abstract)
- [17] 芮宗瑶, 黄崇轲, 齐国明, 徐钰, 张洪涛. 中国斑岩铜(钼)矿床[M]. 北京: 地质出版社, 1984.
Rui Zongyao, Huang Chongke, Qi Guoming, Xu Yu, Zhang Hongtao. The porphyry copper (molybdenum) deposits in China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1984. (in Chinese)
- [18] 王功文, 杜杨松. 玉龙铜矿带成矿多元信息综合分析找矿靶区优选[J]. 现代地质, 2000, 14(2): 159-164.
Wang Gongwen, Du Yangsong. Synthetical research of multi-information of metallogeny and optimization of prospecting targets in Yulong copper ore belt[J]. Geoscience, 2000, 14(2): 159-164. (in Chinese with English abstract)