

云南大理—弥渡笔架山金矿找矿前景分析

王文超, 张金学, 刘利超, 唐永昆, 刘晓进

云南有色地质局三一〇队, 云南大理 671000

摘 要: 矿区位于藏东—滇西成矿带南部, 扬子准地台与三江褶皱带的过渡部位, 属丽江台缘褶皱带的南部。处于金沙江—哀牢山与程海两条深大断裂夹持的倒三角地带。区内出露地层主要有泥盆系下统青山组灰岩、康郎组白云质灰岩及奥陶系下统石英砂岩; 岩浆岩有花岗斑岩、二长斑岩、煌斑岩及辉绿岩。从大地构造环境、地球物理条件、地球化学条件、遥感影像、矿区构造条件及岩浆岩条件来分析找矿前景。对比北衙及马厂箐, 在本区有找到“北衙式”及“马厂箐式”铜铅金多金属矿的找矿前景。

关键词: 地质背景; 找矿前景; 构造条件; 岩浆岩条件; 笔架山; 大理—弥渡

中图分类号: P588.1; P618.51 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2013.s1.16

An Prospective Analysis of Ore-searching Work in the Bijiaoshan Gold Deposit in Dali-Midu Area, Yunnan Province

WANG Wen-chao, ZHANG Jin-xue, LIU Li-chao, TANG Yong-kun, LIU Xiao-jin

No. 310 Geological Party, Yunnan Nonferrous Metals Geological Bureau, Dali, Yunnan 671000

Abstract: The ore district is located in the southern part of the eastern Tibet-western Yunnan metallogenic belt and the transitional position between the Yangtze metaplatform and the Sanjiang folded belt, belonging to the southern part of the Lijiang platform-marginal folded belt and lying in the inverted triangular area sandwiched between Jinshajiang-Ailaoshan deep fault and Chenghai deep fault. The strata exposed in the ore district include limestone of Lower Devonian Qingshan Formation, dolomitic limestone of Kanglang Formation and Lower Ordovician quartz sandstone, whereas the magmatic rocks include granite porphyry, monzonitic porphyry, lamprophyre and diabase. The authors analyzed the ore-searching prospect from such factors as geotectonic environment, geophysical conditions, geochemical conditions, remote-sensing images, and structural and magmatic conditions of the ore district, with a comparison between Beiya area and Machangqing area. It is pointed out that there exists the possibility of finding Beiya type and Machangqing type Cu, Mo polymetallic deposits in the study area.

Key words: geological setting; ore-searching prospect; structural conditions; magmatic rock conditions; Bijiaoshan; Dali-Midu

矿区位于藏东—滇西成矿带南部, 扬子准地台与三江褶皱带的过渡部位, 属丽江台缘褶皱带的南部。东以程海深大断裂为界与川滇台背斜相毗邻, 西以金沙江—哀牢山深大断裂为界与松潘—甘孜褶皱系及唐古拉—昌都—兰坪褶皱系相邻, 处于两条

深大断裂夹持的倒三角地带(图 1)。另外, 马厂箐富碱斑岩体沿向阳背斜南端侵入于奥陶、泥盆系地层中, 为多阶段侵入的复式杂岩体, 岩性主要为花岗斑岩、二长斑岩、正长斑岩, 呈岩株、岩墙、岩床、岩脉等多期次产出(张道红等, 2013), 这些多期、强

本文由云南省 3 年找矿行动计划“宾川小龙潭—祥云马厂箐铜铅金多金属矿整装勘查项目”之“云南省大理—弥渡笔架山金矿普查”项目(编号: 201100023)资助。

收稿日期: 2013-04-24; 改回日期: 2013-05-07。责任编辑: 闫立娟。

第一作者简介: 王文超, 男, 1982 年生。工程师。从事地质矿产勘查工作。通讯地址: 671000, 大理州下关苍山东路 535 号。E-mail: 54688357@qq.com。

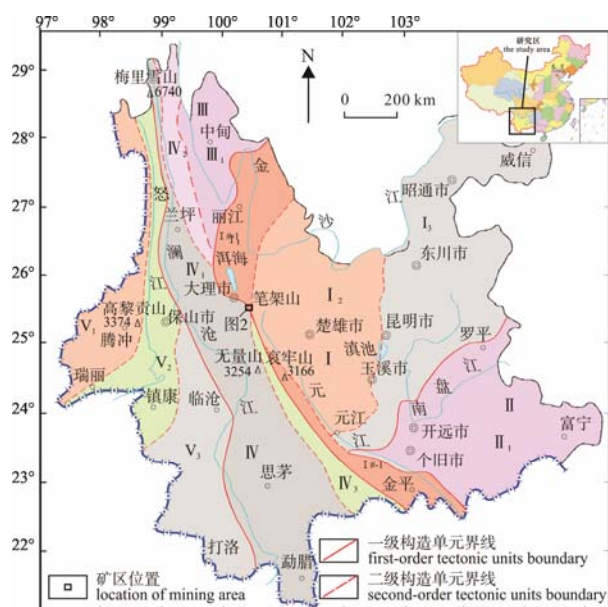


图 1 云南省构造分区略图

Fig. 1 Sketch map showing tectonic units of Yunnan Province

构造单元划分: I-扬子准地台; I₁-丽江台缘褶皱带; I₂-川滇台背斜; I₃-滇东台褶皱带; I₄-华南褶皱带; I₅-滇东南褶皱带; I₆-唐古拉—昌都—兰坪—思茅褶皱带; I₇-兰坪—思茅拗陷; I₈-云岭褶皱带; I₉-墨江绿春褶皱带; I₁₀-伯舒拉岭—高黎贡山褶皱带; I₁₁-福贡—镇康褶皱带; I₁₂-昌宁—孟连褶皱带

division of tectonic units: I-Yangtze paraplatform; I₁-Lijiang platform marginal folded belt; I₂-Sichuan-Yunnan anticline; I₃-South China folded belt; I₄-Southeast Yunnan folded belt;

I₅-Tanggula-Qamdo-Lanping-Simao folded belt; I₆-Lanping-Simao depression; I₇-Yunling folded belt; I₈-Mojiang-Luchen folded belt; I₉-Boxoilaling-Gaoligongshan folded belt; I₁₀-Fugong-Zhenkang folded belt; I₁₁-Changning-Menglian folded belt

烈的岩浆活动为区内成矿提供了足够的热源及物源。笔架山矿区位于马厂箐岩体南西侧。在该区的北部与之地层建造类似的双马槽、宝兴厂、乱硐山、人头箐、金厂箐等已发现较好的铜铅金矿床。

1 矿区地质特征

1.1 地层

矿区出露地层有第四系(Q)残坡积层。下泥盆统青山组(D_{1q})灰白-青灰色厚层状灰岩。下泥盆统康廊组(D_{1k})灰色、青灰色中-厚层状白云质灰岩,夹薄层致密块状灰岩。下奥陶统向阳组(O_{1x}⁴)粉砂岩及钙质砂岩组成,分为两个亚段,上亚段(O_{1x}⁴⁻²)为石英粉砂岩,下亚段(O_{1x}⁴⁻¹)为灰色、肉红色粗粒长石石英砂岩,含砾粗砂岩。

1.2 构造

本区除轴向近 SN 向的石菩萨向斜以外,还发育 NE、NW、SN、EW 向四组断裂(图 2)。四组断

裂以 NE 向组生成较早,被 NW 向组错断。

NE 向组 F₂、F₁₁ 为区内的主要控岩控矿断层。F₁₁ 是区域上响水断裂的南段,断裂全长 25 km。走向 N20°E 左右,倾向 SE,倾角 75°~80°。属正断层性质,断距 400 m 以上。是马厂箐矿区的主要控岩控矿断裂。F₂ 长度大于 5 km。由于受后期断层破坏,南北两段断层倾向不一致。南段走向 N25°E,倾向 SE,倾角 50°,北段走向 N25°E,倾向 NW,倾角 55°。属压扭性断层。

1.3 岩浆岩

矿区岩浆岩分布较广,种类较多,主要有二长斑岩、花岗斑岩,其次为辉长辉绿岩及煌斑岩。辉长辉绿岩属海西期(v₄³)、花岗斑岩、二长斑岩和煌斑岩属喜马拉雅早期(γπ₆¹⁻²、ζπ₆¹⁻¹、X₆¹⁻³)(云南省有色地质局三一 O 队,1981)。

本区地表出露以二长斑岩为主,主要集中于石菩萨—三岔箐及大水脑包—马鞍山一带,总体呈北东向展布,呈岩枝及岩脉状产出。斑晶主要为斜长石(25%),钾长石(20%,其中部分为透长石),次要矿物为黑云母(3%)。基质主要为钾长石、斜长石,两种长石含量近乎相等,蚀变矿物有绢云母、高岭土,副矿物有锆石、磷灰石,深部金属矿物有辉钼矿、黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿。地表露头风化强烈,为黄色、褐黄色粘土。2008 年对区内岩体进行岩石全分析取样,共 14 件(云南省有色地质局三一 O 队,2010)。经分析二长斑岩的里特曼(组合)指数平均为 2.92,属钙碱性岩(表 1)。

2 矿床地质

2.1 矿化类型

本区矿体的产出受岩体内构造破碎带、岩体与围岩地层的接触带、围岩地层中的构造破碎带和后期地表物理化学条件等多种因素控制,由于不同因素控制的地质环境的差异,导致不同的矿体定位形式,形成不同的矿化类型,且具有不同的地质特征。根据矿化体的产出部位可分为四种矿化类型。

(1)产于地表山间凹地的红色粘土型,分布于矿区大部,岩性主要为二长斑岩风化残坡积黄色砂质粘土,金矿化与二长斑岩的蚀变程度有密切关系,粘土化、褐铁矿化越强,金矿化亦强。

(2)产于半坡堆积的残坡积型,主要分布于矿区西部石菩萨。含矿岩石为灰白色硅质岩块、黑褐色铁锰质粘土夹硅质碎块、褐色铁锰质粘土夹硅质岩碎石三种岩性。以 号矿体为代表。

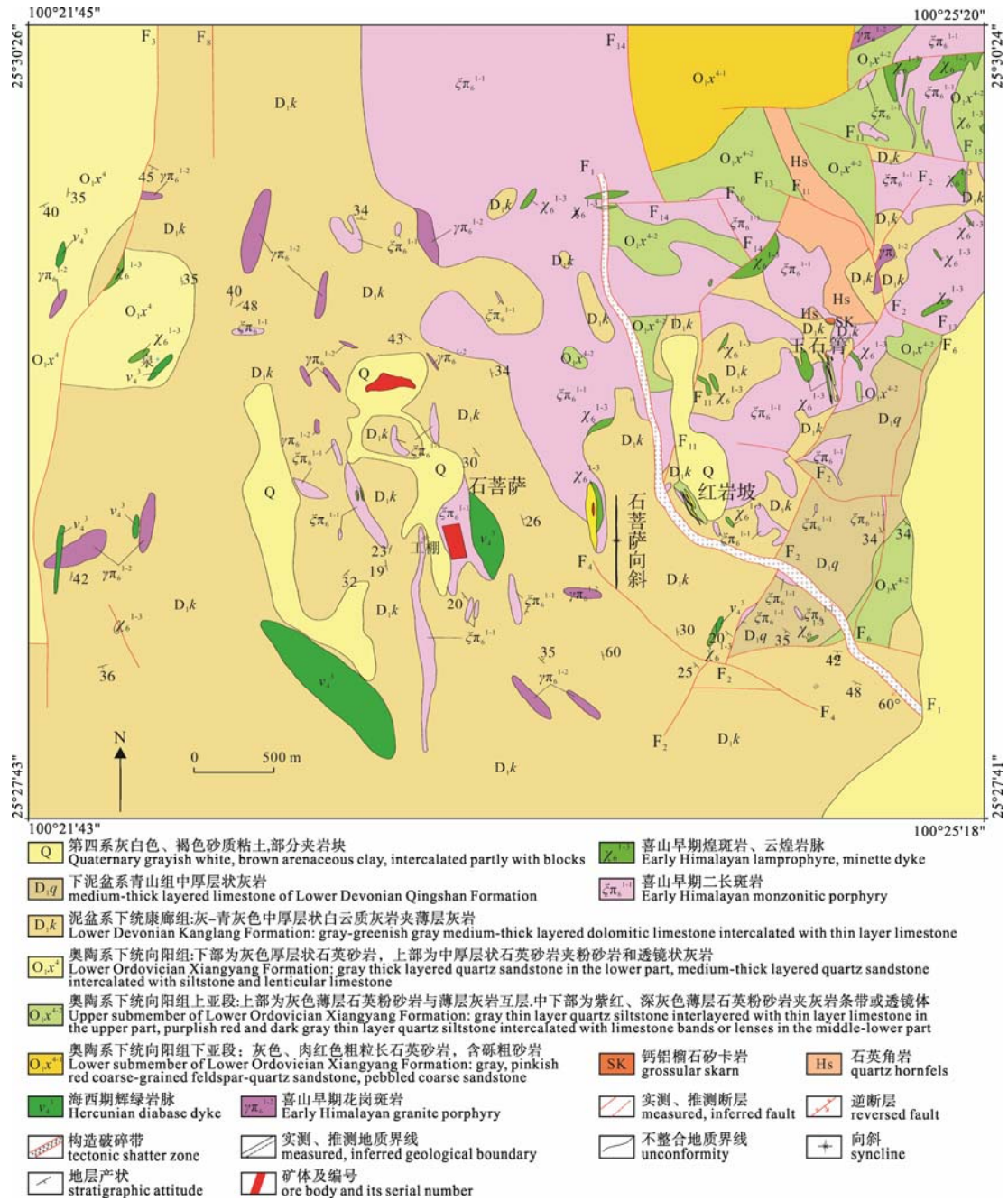


图2 云南省大理—弥渡笔架山金矿区地质图

Fig. 2 Geological map of the Bijashan gold ore district in Dali-Midu area, Yunnan Province

(3) 产于构造破碎带蚀变岩型, 主要分布于矿区东部红岩坡及玉石箐。矿石主要为灰岩中褐铁矿脉、褐铁矿化破碎带和岩体内构造破碎带黄铁矿化、粘土化较强地段。

(4) 产于岩体内和岩体与围岩接触带的与斑岩有关的斑岩型, 主要分布于矿区东部玉石箐, 含矿岩性为二长斑岩, 岩石中见大量黄铁矿、黄铜矿呈星点状、团斑状、细脉浸染状产出, 辉钼矿沿节理裂隙面呈薄膜状产出。具有明显的斑岩型矿床特征。

2.2 矿体特征

区内目前分为 3 个矿段, 即石菩萨矿段、红岩坡矿段及玉石箐矿段, 计有矿(化)体数十条。石菩萨矿段位于矿区西部, 以红色粘土型、残坡积型为主。红岩坡矿段及玉石箐矿段总体为一 NE 向矿化带, 位于矿区中部-东部, 以构造破碎带蚀变岩型及斑岩型为主。

红色粘土型及残破积型矿体呈面形展布, 严格受地形地貌的控制。主要产于山间凹地及半坡。红

表 1 大理—弥渡笔架山金矿区二长斑岩岩石全分析结果表
Table 1 Whole rock analyses of monzonitic porphyry in the Bijiaoshan gold ore district of Dali-Midu area

样品 编号	分 析 项 目(单位: %)												
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	烧失量
YQ1	70.18	0.24	16.10	1.21	0.26	0.018	0.32	0.83	3.61	4.87	0.35	0.093	1.09
YQ2	66.30	0.40	16.43	2.50	1.29	0.045	0.93	1.68	4.00	5.18	0.38	0.095	0.96
YQ3	68.79	0.24	16.81	2.31	0.27	0.036	0.38	0.62	3.36	5.06	0.43	0.094	1.57
YQ4	65.09	0.40	18.23	2.88	0.51	0.063	0.33	0.53	3.47	5.93	0.27	0.095	1.32
YQ5	71.45	0.16	15.13	1.07	0.15	0.035	0.21	1.89	2.62	5.97	0.36	0.160	0.83
YQ6	68.39	0.26	16.13	2.04	0.58	0.037	0.41	1.00	3.49	4.97	0.31	0.070	1.41
YQ7	69.13	0.21	16.14	1.71	0.63	0.070	0.62	0.55	2.58	4.74	0.53	0.048	2.27
YQ8	72.00	0.23	15.06	1.41	0.66	0.039	0.60	0.51	3.40	4.54	0.38	0.048	1.47
YQ9	70.85	0.22	15.60	1.13	0.34	0.037	0.43	0.68	3.11	6.27	0.39	0.048	1.14
YQ10	68.98	0.31	15.60	1.91	0.26	0.034	0.26	0.93	4.15	5.48	0.36	0.12	2.01
YQ11	66.03	0.37	16.52	1.79	0.51	0.051	0.36	1.70	3.65	5.85	0.39	0.028	2.37
YQ12	68.41	0.32	17.00	1.57	0.33	0.028	0.35	0.79	2.03	6.46	0.36	0.038	2.65
PD21-1-1	68.65	0.41	15.43	1.62		0.027	0.55	1.37	3.51	4.83	0.27	1.04	2.73
PD21-1-2	67.63	0.35	16.14	1.93		0.056	0.68	1.15	2.23	5.93	0.15	1.10	2.86
平均	68.71	0.29	16.17	1.79	0.48	0.041	0.46	1.02	3.23	5.43	0.35	0.22	1.76

色粘土型金品位 0.5~15.28 g/t(云南省有色地质局三一 O 队, 2012)。残破积型金品位 0.5~3.26 g/t(云南省有色地质局三一 O 队, 2012)。

构造破碎带蚀变岩型及斑岩型矿体总体呈 NE 向展布, 总体长约 1.5 km。构造破碎带蚀变岩型主要产于灰岩及岩体内构造破碎带, 金品位 0.5~23.3 g/t(云南省有色地质局三一 O 队, 2012)。斑岩型主要产于二长斑岩中, 金品位 0.5~6.49 g/t, 铜品位 0.42%~0.61%(云南省有色地质局三一 O 队, 2012)。

2.3 围岩蚀变

在本区共有 4 种矿化类型, 不同的矿化类型有不同的围岩蚀变。

(1)红色粘土型矿体主要有粘土化、高岭土化及褐铁矿化。粘土化作用越强, 对金的富集越极为有利, 岩石矿物中包含的金越能充分得到解离, 所以对红色粘土型金矿而言, 粘土化与金的富集有直接关系。

(2)残破积型矿体主要有硅化及铁锰矿化, 在 II 号矿体处, 硅化作用特强, 不仅生成脉状、网脉状硅化脉, 还沿脉壁及岩石孔洞生成石英晶芽、晶簇。铁锰矿化主要表现为铁锰质粘土。

(3)构造破碎带蚀变岩型矿体, 在灰岩破碎带中主要为黄铁矿化、褐铁矿化, 黄铁矿化、褐铁矿化越强, 金矿化越强。岩体内破碎带中主要为黄铁矿化、粘土化、高岭土化。黄铁矿化越强, 金矿化越强。

(4)斑岩型矿体, 岩体内蚀变主要有硅化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化、黄铁矿化, 黄铁矿常

呈细脉状、星点状、团斑状及浸染状产出, 多为细粒、微细粒, 晶形多为立方体或不规则粒状。这种黄铁矿对金的赋存较为有利, 是本区的主载金矿物。与灰岩接触带主要有白云石化、蛇纹石化、矽卡岩化。与砂岩接触带主要有角岩化、矽卡岩化。

3 找矿前景分析

3.1 大地构造环境

笔架山矿区大地构造位于扬子陆块与昌都—思茅陆块两个一级构造单元结合部东侧, 北西向金沙江—哀牢山深断大裂与北北东向的程海—宾川深大断裂所挟持的三角地带。金沙江—哀牢山成矿带是西南三江地区重要的多金属成矿带之一, 也是世界上著名的构造岩浆带之一, 构造运动频繁, 岩浆活动强烈, 成矿作用特殊, 形成了丰富多样的铜、钼、金多金属矿产资源(王治华等, 2010)。笔架山矿区位于金沙江—哀牢山成矿带的大理段, 新生代以来, 由于印度地块向北推挤, 区域上长期处于压扭状态, 沿金沙江—哀牢山断裂带和程海—宾川深大断裂等发生大规模走滑, 形成大理、祥云、弥渡等拉分盆地, 同时伴随富碱斑岩的侵入。现已发现了许多大型、超大型斑岩型的铜钼、铜金矿床。而新的找矿信息不断出现, 显示出巨大的找矿前景。

3.2 地球物理条件

在云南省布格重力异常图上(图 3), 笔架山矿区正处于重力高值向重力低值转变的梯度带上, 剩余布格重力零等值线与局部重力负等值线之间。据相关资料认为, 这是找寻具有一定规模的金属矿床的

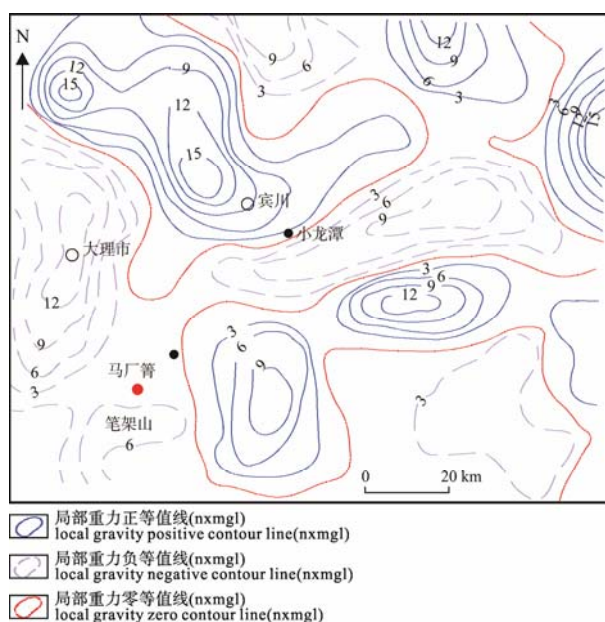


图3 云南省大理—弥渡笔架山及周围布格重力局部异常图(据云南省有色地质局物探队 1986 年资料编绘)
Fig. 3 Bouguer gravity local anomalies in Bijiaoshan and peripheries, Dali-Midu area, Yunnan Province (compiled after data from Geophysical Prospecting Party, Yunnan Nonferrous Metals Geological Bureau, 1986)

标志之一。

3.3 地球化学条件

矿区地球化学特征经 1/10 万分散流扫面发现一个以金矿为主, 伴生有 Ag、Pb、Zn、Cu 的综合异常, 为马厂箐矿区异常的南西端延伸部位, 各元素吻合程度高, 变化梯度大。后经 1/2.5 万土壤地球化学测量扫面(贵州有色地质勘查局物化探总队, 1999), 圈定了笔架山金甲级异常 2 个, 乙级异常 3 个。后又经 1/1 万土壤地球化学测量扫面(云南省有色地质局地球物理化学地质勘查院, 2012), 圈定出 6 个综合异常。6 综合异常总体呈北东向展布, 异常规模大、强度高, 有浓度分带及浓集中心。其中甲类异常 3 个, 乙类异常 2 个, 丙类异常 1 个。而金异常规模最大、强度最高(图 4)。甲类和乙类异常区有已知金矿体, 成矿地质条件有利, 初步认为甲类和乙类异常是以 Au、Pb、Zn 为主的多金属矿(化)带及深部盲矿体引起, 为矿致异常, 是寻找以 Au、Pb、Zn 为主的多金属矿的有利地段。

马厂箐矿区及外围找矿指示元素为 Au、Ag、As、Sb、Cu、Pb、Zn、Ni; 本区的土壤地球化学异常元素组合为 Au、Ag、As、Sb、Cu、Pb、Zn、Ni、Hg、Mo, 和马厂箐矿区指示元素基本类似; 异常区内有石菩萨矿段、红岩坡矿段、玉石箐矿段; 以上说明该区矿质来源较为丰富, 具有较好的成矿环境

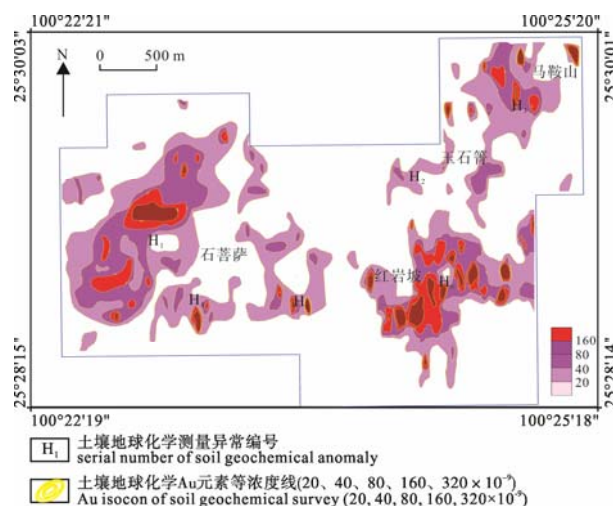


图4 云南省大理—弥渡笔架山金矿区 Au 元素异常图(云南省有色地质局地球物理化学地质勘查院, 2012 资料编绘)

Fig. 4 Au anomaly map of the Bijiaoshan gold ore district in Dali-Midu area, Yunnan Province (compiled after data from Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Yunnan Nonferrous Metals Geological Bureau, 2012)

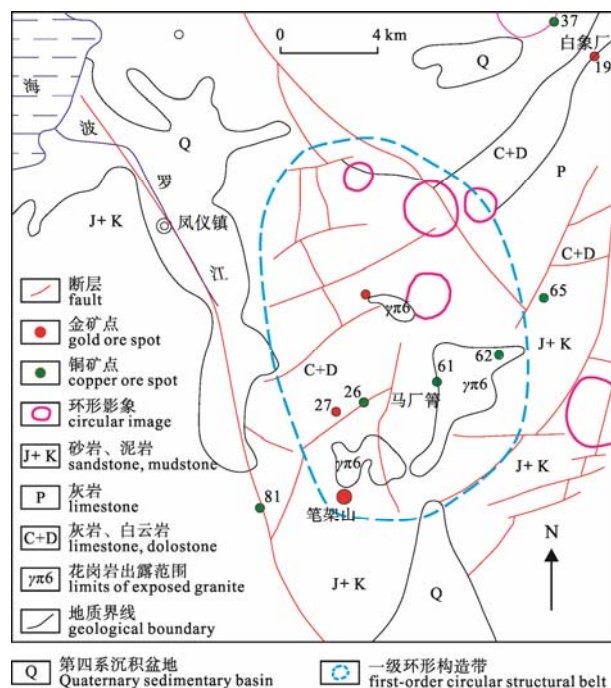


图5 云南省大理—弥渡笔架山金矿区遥感地质解译图
Fig. 5 Remote sensing geological interpretation map of the Bijiaoshan ore district in Dali-Midu area, Yunnan Province

及成矿地质条件, 有较好的找矿前景。

3.4 遥感影像

笔架山矿区线性构造及环形构造发育(图 5)。与北东向北东向线形构造关系密切。马厂箐地区, 环形构造集中, 是岩浆活动的组合反映, 笔架山矿

区属马厂箐岩体南侧环形影象区, 可能为隐伏岩体和热液蚀变的反映。

3.5 矿区构造条件

因矿区处在北西向金沙江—哀牢山深断裂与近南北向程海断裂相夹持的倒三角形地带, 受两组深大断裂的挤压走滑影响, 除形成轴向近 SN 向的石菩萨向斜以外, 还发育 NE、NW、SN、EW 向四组断裂。而 NE 向的 F_2 断层显示出较好的矿化特征, 主要表现为区内的玉石箐矿段及红岩坡矿段均在 F_2 断层旁侧, 物化探异常也是主要沿 F_2 断层呈 NE 向展布。在 F_2 的北东向就有金厂箐、人头箐、乱硐山、宝兴厂等较好的铜铅金矿床。另据《马厂箐矿区金厂箐矿床钻孔岩石地球化学指示元素垂直分带研究报告》(中国人民武装警察部队黄金第十三支队, 1994)认为: 从金厂箐矿床指示元素在不同岩石中的分布特征发现: 任何岩性的 Au、Ag、As、Sb、Pb、Zn 的异常高值区, 在构造的有利部位都有形成金矿的可能。因此, 金厂箐矿床的成矿与岩性无关, 只与构造有关。

3.6 岩浆岩条件

从区域上看, 矿区 NE 部为马厂箐富碱斑岩体, 而本区多为二长斑岩岩脉, 展布方向总体呈 NE 向。因此认为本区二长斑岩与马厂箐富碱斑岩体应有时空联系, 二长斑岩应是马厂箐花岗斑岩分异作用形成, 本区岩体与马厂箐富碱斑岩体在深部可能为一个整体。

本区岩体属钙碱性岩石, 旁侧有深大断裂通过, 地表次级断裂发育, 岩体呈岩枝及岩脉状产出。蚀变主要有硅化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化、黄铁矿化、黄铜矿化、辉钼矿化。岩石微细裂隙发育, 这些裂隙是成矿物质富集的有利场所。另外, 深部原岩中含金最高 6.49 g/t, 含铜最高 0.61%, 且金品位高铜品位也高, 呈正相关关系(云南省有色地质局三一〇队, 2012)。以上说明在本区深部有找寻斑岩型铜铅金多金属矿床的找矿前景。

4 结论

综上所述, 本区矿化类型多, 矿质来源较为丰富, 具有较好的成矿环境及成矿地质条件。从大地构造环境、地球物理条件、地球化学条件、遥感影像、矿区构造条件及岩浆岩条件来看都显示出了较好的找矿前景。因此, 对比北衙及马厂箐, 在本区有找到“北衙式”及“马厂箐式”铜铅金多金属矿的找矿前景。

参考文献:

- 贵州有色地质勘查局物化探总队. 1999. 云南省笔架山—白象厂金矿概查工作报告[R]. 都匀: 贵州有色地质勘查局物化探总队.
- 王治华, 郭晓东, 喻万强, 邹依林, 徐涛, 张勇. 2010. 云南省马厂箐铜铅金多金属矿床地质特征及成矿规律[J]. 地质与勘探, 46(2): 214-223.
- 云南省有色地质局地球物理化学地质勘查院. 2012. 云南省大理—弥渡笔架山金矿物化探报告[R]. 昆明: 云南省有色地质局地球物理化学地质勘查院.
- 云南省有色地质局三一〇队. 1981. 云南省祥云县马厂箐矿区铜钼矿评价地质报告[R]. 大理: 云南省有色地质局三一〇队.
- 云南省有色地质局三一〇队. 2010. 云南省大理市笔架山金矿普查报告[R]. 云南大理: 云南省有色地质局三一〇队.
- 云南省有色地质局三一〇队. 2012. 云南省大理—弥渡笔架山金矿阶段性普查报告(2011 年—2012 年)[R]. 大理: 云南省有色地质局三一〇队.
- 张道红, 张学书, 杨艳, 严健, 杨平. 2013. 扬子地台西缘富碱斑岩的岩石地球化学特征及找矿前景[J]. 地球学报, 34(s1): 168-176.
- 中国人民武装警察部队黄金第十三支队. 1994. 马厂箐矿区金厂箐矿床钻孔岩石地球化学指示元素垂直分带研究报告[R]. 昆明: 中国人民武装警察部队黄金第十三支队.

References:

- Geophysical and Geochemical Prospecting Party, Guizhou Nonferrous Metals Geological Exploration Bureau. 1999. Survey report of Bijiaoshan-Baixiangchang gold deposit in Yunan[R]. Duiyun: Geophysical and Geochemical Prospecting Party, Guizhou Nonferrous Metals Geological Exploration Bureau(in Chinese).
- Institute of Geological, Geophysical and Geochemical Exploration, Yunnan Nonferrous Metals Geological Bureau. 2012. Geophysical and geochemical exploration report of Dali-Midubijiaoshan gold deposit in Yunan[R]. Kunming: Institute of Geological, Geophysical and Geochemical Exploration, Yunnan Nonferrous Metals Geological Bureau(in Chinese).
- No. 13 Gold Party of Chinese People's Armed Police Forces. 1994. Research report of rock geochemistry indicate vertical zoning sequence of elements of Jinchangqing deposit drilling in Machangqing mining area[R]. Kunming: No. 13 Gold Party of Chinese People's Armed Police Forces(in Chinese).
- No. 310 Geological Party, Yunnan Nonferrous Metals Geological Bureau. 1981. Geological report of Machangqing copper and molybdenum deposit in Xiangyun, Yunnan[R]. Dali: No. 310

- Geological Party, Yunnan Nonferrous Metals Geological Bureau(in Chinese).
- No. 310 Geological Party, Yunnan Nonferrous Metals Geological Bureau. 2012. Census report of Dali-Midubijiashan gold deposit in Yunnan[R]. Dali: No. 310 Geological Party, Yunnan Nonferrous Metals Geological Bureau(in Chinese).
- No. 310 Geological Party, Yunnan Nonferrous Metals Geological Bureau. 2010. Census report of Bijiaoshan gold deposit in Dali, Yunnan[R]. Dali: No. 310 Geological Party, Yunnan Nonferrous Metals Geological Bureau(in Chinese).
- WANG Zi-hua, GUO Xiao-dong, YU WAN-qiang, ZHOU Yi-ling, XU Tao, ZHANG Yong. 2010. Geological Features and Mineralization Rules of the Machangqing Cu-Mo-Au Multiple-Metallic Deposit, Yunnan Province[J]. *Geology and Exploration*, 46(2): 214-223(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Dao-hong, ZHANG Xue-shu, YANG Yan, YAN Jian, YANG Ping. 2013. Petrogeochemical Characteristics and Ore-hunting Prospect of Alkali-rich Porphyries on the Western Margin of the Yangtze Platform[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 34(s1): 168-176(in Chinese with English abstract).