

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2019.06.09

引用格式: 王伟,刘图强,袁藺平,等. 川西九龙黄牛坪铍矿床地质特征及找矿潜力[J]. 中国地质调查,2019,6(6): 72-78.

川西九龙黄牛坪铍矿床地质特征及找矿潜力

王伟¹, 刘图强¹, 袁藺平¹, 刘善宝², 于扬²,
刘丽君¹, 吕秉廷¹, 郑小刚¹, 代鸿章²

(1. 四川省地质矿产勘查开发局地质矿产科学研究所, 成都 610000; 2. 自然资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

摘要: 通过在川西九龙三岔河地区开展综合地质调查工作,发现该区桥棚子花岗岩体与三叠系围岩接触带及其附近具有较好的铍矿化,初步圈定了4条铍矿体,主要沿岩体接触带呈NNW向延伸,BeO品位最高可达0.698%,初步预测BeO资源量可达大型规模,矿石矿物主要为绿柱石,围岩蚀变以电气石化为主。花岗岩体顶部是含铍伟晶岩的重要成矿部位,野外可采用遥感先行的技术手段查找异常,再对遥感异常开展大比例尺追索,进一步采用工程手段进行验证。结果表明,九龙地区具有明显锂、铍异常,且与地质体套合度高。研究区外围东部发现稀有金属矿化显著的打枪沟锂铍矿床,南部乌拉溪地区追索到大量含锂辉石矿化伟晶岩转石,表明该区具有良好的稀有金属成矿条件及找矿潜力。

关键词: 九龙黄牛坪; 铍; 地质特征; 找矿潜力

中图分类号: P618.72

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2019)06-0072-07

0 引言

铍是重要的稀有金属,密度低,熔点和比热高,具有良好的导热性、热稳定性和抗腐蚀性。铍铜合金具有强度高、抗疲劳、耐磨损、无磁性、碰撞无火花、高电导率和高热导率等特性,是电子工业、军事和空间技术及核工业等高科技部门不可缺少的重要材料^[1]。

川西地区是我国重要的花岗伟晶岩型稀有金属成矿区之一,而花岗伟晶岩是铍矿的重要赋矿岩石。目前,该区中部已发现了甲基卡、李家沟、党坝、业隆沟等大型-超大型稀有金属矿床^[2-10],但南部的九龙成矿带地质工作程度较低,仅发现为数不多的中、小型稀有金属矿床^[11]及一些矿点和矿化点。

近期,在“多旋回深循环内外生一体化”成矿理

论与“五层楼+地下室”勘查模型^[12-15]的指导下,九龙稀有金属成矿带花岗伟晶岩型矿床找矿工作获得了新进展,在九龙三岔河地区桥棚子花岗岩体东北缘的黄牛坪一带,发现了规模较大的铍矿化伟晶岩脉,可能为“五层楼+地下室”成矿模式的“地下室”部分。本文对新发现的黄牛坪含铍花岗伟晶岩脉进行研究,总结了其地质特征、成矿规律和找矿经验,可为该区下一步找矿工作及同类型矿床的找矿勘查工作提供参考和借鉴。

1 构造地质背景

研究区大地构造位于松潘—甘孜地槽褶皱系南东缘(一级大地构造单元)雅江冒地槽褶皱带(二级构造单元)南端九龙地背斜(三级构造单元),东以小金河断裂带与扬子准地台为界,西以甘孜—理塘断裂带南段与义敦优地槽褶皱带为邻,北西与陈支大断裂带雅江地向斜相连,平面上呈

收稿日期: 2019-03-13; 修订日期: 2019-06-10。

基金项目: 中国地质调查局“松潘—甘孜成锂带锂铍多金属大型资源基地综合调查评价(编号: DD20190173)”项目资助。

第一作者 王伟(1990—),男,硕士,工程师,主要从事矿产资源调查与研究工作。Email: 455635239@qq.com。

SW—NE 向收敛展布的弧形体(图 1)。九龙地背斜地质构造演化可追溯到早古生代,之后经历了陆缘拗陷—裂陷阶段(泥盆纪)、陆缘裂谷阶段(石炭纪—二叠纪)、被动陆缘发展阶段(三叠纪)、陆—陆碰撞阶段(侏罗纪)、陆内造山阶段(早白垩世—古新世)、陆内造山后期阶段(中新世以后),最终形成现今的地质构造格局。

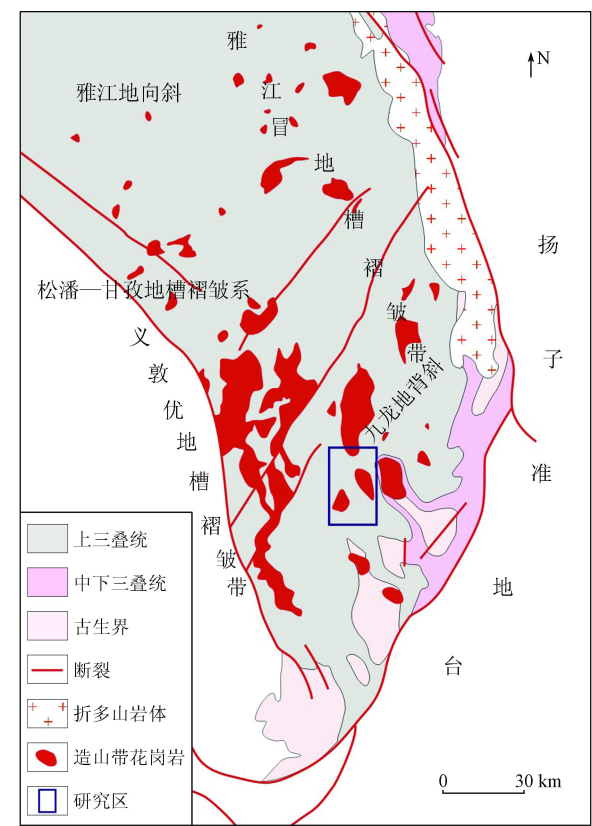


图 1 黄牛坪矿区大地构造简图^[15]
Fig. 1 Geotectonic location of Huangniuping mining area^[15]

2 矿区地质特征

区域上稀有金属成矿与侵入于背斜轴部的二云母花岗岩派生的伟晶岩脉有关,伟晶岩脉主要有微斜长石型、钠长石型和二云母型,多呈规则脉状沿花岗岩节理及上三叠统杂古脑组和侏倭组围岩的层间裂隙侵入,其中以花岗岩体接触带附近脉体规模最大,数量最多,大者长达数百米,宽数十米。矿石矿物主要为绿柱石,其次为铈和钽铁矿。

研究区主要出露条带状变质砂岩和板状千枚岩,零星分布第四系残坡积物(图 2)。区内构造线以 NW—SE 向为主,背斜轴部及两翼层间裂隙、剪

切裂隙发育,控制着区内伟晶岩脉(矿脉)及其他岩脉的产出。另外,在与二云母花岗岩接触带上,见黑云母片岩和电气石化角岩。

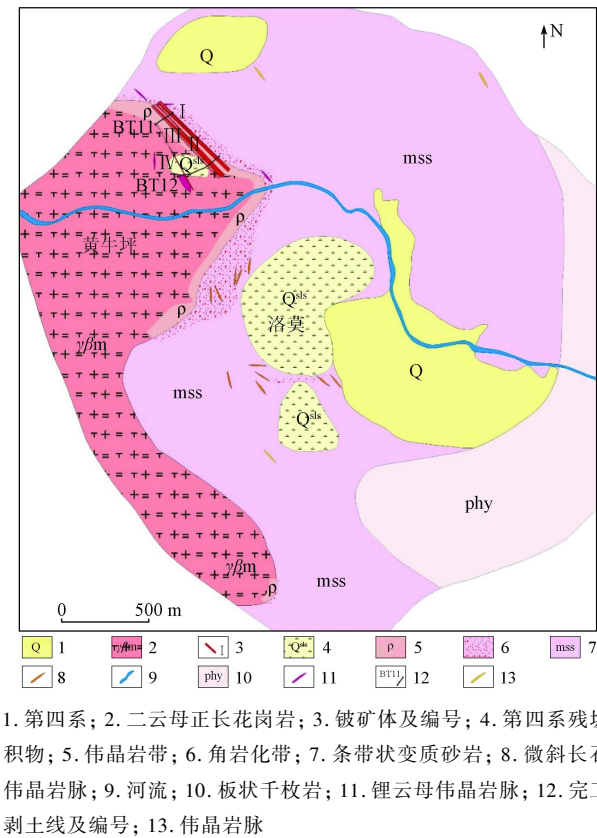


图 2 黄牛坪矿区地质简图
Fig. 2 Geological sketch of Huangniuping mining area

研究区以酸性、中酸性岩浆岩为主,偶见中性、基性岩脉,岩性以二云母花岗岩为主,岩浆岩多呈岩株、岩枝产出,时代为印支期—燕山期,属于雅江—九龙岩浆岩带。二云母花岗岩是区内稀有金属伟晶岩的成矿母岩。区内岩脉发育,主要为伟晶岩脉,其次为花岗岩脉和石英脉,以伟晶岩脉分布最为广泛。岩脉多分布于侵入岩体内、外接触带的节理裂隙中,有时成群成带出现。伟晶岩多呈脉状,少数为透镜状、团块状、树枝状和网脉状等,脉长数米至数百米,厚度从不到 1 m 到数十米。空间上,伟晶岩脉围绕花岗岩体呈水平环状分布。花岗岩脉空间分布与伟晶岩大体一致,长数米至数十米,厚数厘米至数米,其中贯入于变质地层中的岩脉较多,且规模相对较大,岩性为普通花岗岩脉、斜长花岗岩脉、二长花岗岩脉、白云母花岗岩脉等。石英脉零星产于侵入岩体内、外接触带和变质地层中。

特征和控矿因素,对比邻区打枪沟锂矿成矿地质特征^[16-18],总结了研究区稀有金属矿成矿要素(表 1)。

表 1 九龙三岔河黄牛坪矿体成矿要素

Tab.1 Metallogenic factors of Huangniuping orebody in Sanchahe of Jiulong	
成矿要素	内容描述
地质环境	构造背景 松潘—甘孜造山带主体雅江被动陆缘中央褶皱推覆带
	成矿区带 巴颜喀拉—雅江 Li—Be—Au—Cu—Zn—水晶成矿带康定沙德—九龙子杠坪 Be—Li—Pb—Zn—Cu—W—Sn—Au 成矿远景区
	成矿环境 中酸性岩浆活动形成的 Li—F 花岗岩与褶皱封闭环境
	成矿时代 印支期—燕山期
	含矿建造 伟晶岩
矿床特征	伟晶岩特征 常在母岩体内、外接触带,呈环状分布,主要为微斜长石型伟晶岩
	矿体特征 黄牛坪矿体位于微斜长石伟晶岩—伟晶岩带脉内。矿体地表出露长度>600 m,工程控制 NW—SE 向长约 400 m,厚 30~100 m,NE 倾向,脉体沿 NW—SE 向继续向两侧延伸,产状(75°~90°)∠(45°~60°),平均倾向 52°,BeO 品位 0.01%~0.698%,平均品位 0.118%,伴生 Li ₂ O 品位 0.005%~0.196%,平均品位 0.04%
	矿物组合 矿石矿物以绿柱石和锂云母为主;脉石矿物为石英、长石、白云母、电气石等
	结构构造 矿石结构为不等粒结构、细—粗粒伟晶结构、半自形—它形结构、交代残余结构等;矿石构造为块状构造、星散浸染构造、细脉状构造、斑点构造、带状构造等
	交代作用 电气石化、白云母化、钠长石化、锂云母化、云英岩化,呈 K—Na—Li 交代系列
	地球化学特征 过铝质岩石,富含挥发分、稀有金属元素、碱金属
	成矿流体特征 中低温,中低盐度,低压,形成深度较浅,晚期热液阶段
控矿因素	松潘—甘孜造山带(大地构造控矿)、具同源结晶分异演化的中酸性侵入岩(成矿物源)、褶皱轴部和近轴部位(成矿有利地段)、含矿浅色二云母花岗岩体与三叠系浅变质岩接触带
矿床成因	岩浆结晶分异与热液交代

由表 1 可知,印支期—燕山期,松潘—甘孜造山带多期构造运动形成了含稀有金属元素、挥发分、碱质金属的岩浆房。在构造活动影响下,岩浆经过多期演化并依次在褶皱轴部和近轴部的封闭环境中侵位,在岩浆晚期形成伟晶岩的母岩体,由母岩体的残余熔浆继续结晶分异和自交代,伴随温度、压力降低,在结晶分异和热液交代的晚期形成稀有金属矿床。褶皱轴部和近轴部以及背斜倾没端和大量节理裂隙发育的地段,是伟晶岩赋存的有利部位。伟晶岩常有规律地分布于多期次演化晚期的花岗岩体内、外接触带上,且距离母岩体较远的伟晶岩脉稀有金属矿化较好,主要表现为东部打枪沟矿区锂矿化较好。

野外地质调查表明,研究区桥棚子花岗岩体东侧与侏倭组接触带上断续发育呈群带的伟晶岩脉体,初步推测在该接触带上发育 1 条伟晶岩带(暂定为洛莫伟晶岩带),绝大多数含铍稀有金属矿化脉体都分布在洛莫伟晶岩带上,黄牛坪矿体为该伟晶岩带的北西段,多产细晶—粗晶铍矿、铌钽矿,其规模尚待进一步探明。位于外围东部的稀有金属矿床(打枪沟锂铍矿床)稀有金属矿化较好,主要表现为锂矿化较好,规模较大,矿石结构也向细晶均匀状演化,具锂、铍、铌、钽、铷、锡等综合性稀有

金属矿化。

4.2 找矿标志

(1)岩(脉)体。研究区铍矿主要赋存于细—中粒含石榴石锂云母(锂白云母)花岗伟晶岩中,伟晶岩脉体在花岗岩体内为节理控脉,大小不等,产状不一。在接触带上主要由 S₁(后期地质作用改造 S₀原生产状)控脉,其产状为(70°~81°)∠(30°~60°)。花岗岩体与围岩接触带及其附近为含铍矿伟晶岩脉体的有利赋存部位。

(2)矿物。研究区铍矿化矿物主要为绿柱石,早期绿柱石往往呈浅绿六方柱状或块体状,大小不一,野外易于识别;晚期绿柱石往往为玻璃光泽的细小晶体。铍矿化伟晶岩脉由微斜长石、石英、斜长石、钠长石、黑云母和白云母组成。矿石矿物有绿柱石、铌钽铁矿、锂辉石和锡石等,其中绿柱石呈浅绿黄色,自形假六方柱状,粗晶。

(3)交代蚀变。锂云母化、钠长石化与区内锂铍矿化作用关系密切,钠长石化强烈的地段,矿化较好。白云母化多与铌钽矿化和锡矿化有关,云英岩化与钨锡矿化有关。

(4)地球物理。根据邻区地球物理特征^[19],伟晶岩视电阻率一般远高于地层及岩体,是一种“高阻地质体”。伟晶岩视电阻率与围岩视电阻率存在

明显差异,但矿化伟晶岩与非矿化伟晶岩的视电阻率差异较小,矿化伟晶岩视电阻率略低。

(5)地球化学。黄牛坪矿区岩石地球化学特征显示花岗伟晶岩以 Be 异常为主, Li、Nb、Ta 异常不明显,花岗岩中的 Li 含量高于伟晶岩中的 Li 含量,说明作为母岩的桥棚子二云母花岗岩含 Li。位于高海拔的 BT11 号剥土工程控制的伟晶岩的 Li 含量明显增加,表明 Li 可能在更高部位富集。

(6)地貌及遥感。区内花岗伟晶岩常充填于地层或岩体节理、裂隙中,由于露头不易风化,地貌上常形成陡壁和“凸”形,遥感图像显示伟晶岩风化面呈亮白色。

4.3 找矿方法

(1)“五层楼+地下室”勘查模型建立在华南地区花岗岩型多金属找矿基础上,但在花岗伟晶岩型稀有金属矿产勘查工作中同样适用。花岗岩体顶部也是重要的含铍伟晶岩成矿部位,与向外分布的含锂辉石伟晶岩以及钨锡矿化石英脉构成了完整的稀有及多金属成矿系统。甲基卡矿田的 33 号和 34 号铍矿(化)伟晶岩即产于马颈子花岗岩体顶部。

(2)早期资料反映,洛莫地区大量伟晶岩脉分布于桥棚子花岗岩内部及围岩中。根据“缺位找矿”理念的指导,推测在花岗岩体顶部与围岩接触带附近存在规模较大的伟晶岩脉。为此,将桥棚子花岗岩体顶部与围岩的接触带作为本次工作的重点调查对象。

(3)研究区山高路险,植被覆盖较多,工作条件差,先期采用遥感技术对花岗岩的边部进行了解译,在桥棚子花岗岩东北部接触带发现了 NW 向展布的遥感异常。后经实地调查验证,证实其为 1 条规模较大的伟晶岩脉,随后开展了大比例尺追索及槽探工程进行查证,证实此伟晶岩脉为铍矿化伟晶岩脉。

5 找矿潜力

5.1 区域成矿条件优越

研究区位于松潘—甘孜造山带主体雅江被动陆缘中央褶皱推覆带和川西稀有金属成矿带上,北有甲基卡—可尔因稀有金属矿集区,东有打枪沟锂稀有金属矿区,属于巴颜喀拉—雅江 Li—Be—Au—Cu—Zn—水晶成矿带康定沙德—九龙江杠坪 Be—Li—

Pb—Zn—Cu—W—Sn—Au 成矿远景区南段,该区域具有较好的找矿潜力。

九龙幅 1:20 万区域水系测量结果显示,九龙地区稀有金属元素异常与地质体套合度高,分带或独立出现,其中以合德花岗岩北部、白台山地区和洛莫花岗岩南侧 3 个异常套合性最好,且锂异常出现在铍异常分布区内。西北部克希隆西侧附近,由南向北,花岗岩体内铍异常逐渐转变为三叠系围岩锂异常。在洛莫以南、乌拉溪以北、打枪沟以西地区,锂元素采用异常下限 200×10^{-6} ,圈出了 9 个异常,铍元素采用异常下限 6×10^{-6} ,圈出了 14 个异常。在三岔河洛莫地区,花岗岩区为铍异常,向南变为铍、锂组合异常,独立出现的铍异常有乌拉溪异常、元根地异常、羊房沟异常等,锂异常有乃渠西异常等。该区域锂、铍异常较多,且与地质体套合度较高,证明该区域成矿潜力较大。

5.2 矿区找矿前景良好

黄牛坪矿体沿岩体接触带呈 NNW 向延伸,在洛莫矿区南部的龙须沟,花岗岩与围岩的接触带仍见含铍伟晶岩脉(图 2)。研究区中部有较多含铍伟晶岩转石分布,土壤呈黄褐色,转石主要为伟晶岩。2014 年,九龙县自然资源局对该地段实施了灾害地质调查工程,在坡积层下 40 m 处见 2 m 伟晶岩基岩。在羊房沟施工隧道中挖掘出大量的含铍伟晶岩块,表明洛莫伟晶岩带深部具有隐伏矿体的可能性较大,仍待进一步探究。

在研究区外围乌拉溪地区踏勘工作中见到大量伟晶岩转石及矽卡岩转石,其中 1 块含锂辉石伟晶岩转石,经测试分析, Li 含量为 $6\,881.56 \times 10^{-6}$,推算 Li_2O 品位为 1.41%,达到了工业品位。Be 含量为 192.63×10^{-6} ,推算 BeO 品位为 0.193%,达到了矿化品位。另外,局部地段可见黑云母角闪岩露头及矽卡岩转石,证明洛莫南部花岗岩体周围锂铍稀有金属找矿潜力较好。

综上,该区具备良好的稀有金属成矿条件及找矿潜力。

6 结论

(1)九龙三岔河黄牛坪铍矿床位于桥棚子花岗岩体与三叠系围岩接触带附近,沿岩体接触带呈 NNW 向延伸。地表连续采样测试结果表明,BeO

品位最高可达 0.698%,初步预测 BeO 资源量可达大型规模。矿石矿物主要为它形细晶-自形粗晶绿柱石,围岩蚀变以电气石化为主。

(2)花岗岩体顶部是含铍伟晶岩的重要成矿部位,野外可采用遥感先行的技术手段查找异常,再对遥感异常开展大比例尺追索,进一步采用工程手段进行验证。地球物理、地球化学、地貌及遥感找矿标志解译都证明黄牛坪铍矿体所处的洛莫伟晶岩带具有较好的铍矿化成矿潜力。

(3)九龙地区锂、铍异常与地质体套合度高,外围乌拉溪地区发现大量含锂辉石矿化伟晶岩转石,表明该区具有良好的稀有金属成矿条件及找矿潜力。

致谢: 中国地质科学院矿产资源研究所王登红研究员在工作部署、技术思路及工作内容设立、靶区选择、本文成文过程中给予了耐心的指导和帮助,四川省地质矿产勘查开发局地质矿产科学研究所蒲广平教授和钟晓朗老师在日常工作中进行了督导和指点,云南省地质调查院冯文杰教授在野外工作中给予了指导和帮助,在此一并致以诚挚的感谢!

参考文献:

[1] 邹天人,李庆昌.中国新疆稀有及稀土金属矿床[M].北京:地质出版社,2006:1-10.

[2] 费光春,袁天晶,唐文春,等.川西可尔因伟晶岩型稀有金属矿床含矿伟晶岩分类浅析[J].矿床地质,2014,33(增刊1):187-188.

[3] 付小方,袁藺平,王登红,等.四川甲基卡矿田新三号稀有金属矿脉的成矿特征与勘查模型[J].矿床地质,2015,34(6):1172-1186.

[4] 付小方,侯立玮,王登红,等.四川甘孜甲基卡锂辉石矿矿产

调查评价成果[J].中国地质调查,2014,1(3):37-43.

[5] 古城会.四川省可尔因伟晶岩田东南密集区锂辉石矿床成矿规律[J].地质找矿论丛,2014,29(1):59-65.

[6] 饶魁元.四川马尔康地拉秋锂矿床地质特征及找矿方向[J].四川有色金属,2016(1):54-57.

[7] 王登红,付小方.四川甲基卡外围锂矿找矿取得突破[J].岩矿测试,2013,32(6):987.

[8] 王登红.四川发现超大规模锂矿储量逾 60 万吨[J].中国有色建设,2014(3):33.

[9] 王登红,王瑞江,付小方,等.对能源金属矿产资源基地调查评价基本问题的探讨——以四川甲基卡大型锂矿基地为例[J].地球学报,2016,37(4):471-480.

[10] 王子平,刘善宝,马圣钊,等.四川阿坝州党坝超大型锂辉石矿床成矿规律及深部和外围找矿方向[J].地球科学,2018,43(6):2029-2041.

[11] 易仲康,马钰权.雅江残余盆地南北缘伟晶岩稀有金属矿地质特征[J].四川地质学报,2018,38(2):260-263,273.

[12] 王登红,唐菊兴,应立娟,等.“五层楼+地下室”找矿模型的适用性及其对深部找矿的意义[J].吉林大学学报:地球科学版,2010,40(4):733-738.

[13] 王登红,王成辉,孙艳,等.我国锂铍钽矿床调查研究进展及相关问题简述[J].中国地质调查,2017,4(5):1-8.

[14] 王登红,刘丽君,侯江龙,等.初论甲基卡式稀有金属矿床“五层楼+地下室”勘查模型[J].地学前缘,2017,24(5):1-7.

[15] 李建康,刘喜方,王登红.中国锂矿成矿规律概要[J].地质学报,2014,88(12):2269-2283.

[16] 李会正.四川省九龙县打枪沟锂铍稀有金属矿详查报告[R].成都:四川省冶金地质勘查局水文工程大队,2013.

[17] 殷聃,张洪超,何成麟.四川省九龙县久鲁祝地区稀有金属矿勘查选区报告[R].成都:成都理工大学,2014.

[18] 殷聃.四川省九龙县打枪沟锂铍矿床地质特征及找矿潜力研究[D].成都:成都理工大学,2017.

[19] 四川省冶金地质勘查局水文工程大队.四川省九龙县久鲁祝锂多金属矿预查报告[R].成都:四川省冶金地质勘查局水文工程大队,2013.

Geological characteristics and prospecting potential of Huangniuping beryllium deposit in Jiulong of West Sichuan

WANG Wei¹, LIU Tuqiang¹, YUAN Linping¹, LIU Shanbao², YU Yang²,
LIU Lijun¹, LV Bingting¹, ZHENG Xiaogang¹, DAI Hongzhang²

(1. Institute of Geology and Mineral Resources, Sichuan Bureau of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610000, China;
2. Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Ministry of Natural Resources, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract: Through the comprehensive geological survey in Sanchahe area of Jiulong, Western Sichuan, the authors found that there was a good beryllium mineralization belt near the contact zone between Qiaopengzi rock mass and Triassic surrounding rocks. Four beryllium ore bodies were initially identified in NNW direction, extending along the contact zone of the rock mass. BeO grade can reach up to 0.698%, and the preliminarily predicted BeO

resources can be of large scale. The ore mineral is mainly beryl, and the main surrounding rock alteration is tourmaline alteration. The top of the granite mass is also an important metallogenic location of the pegmatite-bearing rock. Remote sensing technology was used in the field of ore prospecting to recognize anomalies, and then large-scale recourse on remote sensing anomalies were carried out. Besides, further engineering methods were used for verification. The results show that the lithium and beryllium anomalies of water sediments in Jiulong area are high, with high matching degree of regional geological conditions. On the periphery of the study area, there is Daqianggou lithium-beryllium deposit in the east, and in the south a large number of spodumene-bearing pegmatites were traced in Wulaxi area, indicating that this area has good metallogenic conditions and prospecting potential.

Keywords: Huangniuping, Jiulong; beryllium; geological characteristic; prospecting potential

(责任编辑: 刘丹)