

川西斯跃武锂-铌-钽稀有金属矿集区自然重砂异常特征

赖杨, 田恩源, 龚大兴, 张贻, 周雄

(中国地质科学院矿产综合利用研究所, 中国地质金属矿产资源综合利用技术研究中心,
四川 成都 610041)

摘要: 川西高原甘孜-阿坝一带的锂、铍、铌、钽等稀有金属矿产资源较为丰富, 是我国西南地区主要的稀有金属原料基地。本文选择可尔因矿区以西约 50 km 的壤塘县蒲西乡斯跃武地区, 在 165 km² 范围内开展 1:5 万自然重砂测量, 采集 121 件自然重砂样品, 查明工作区内有锂辉石、黑稀金矿、(铁) 铌钽锰矿、锡石、白钨矿、电气石等 26 种自然重砂矿物; 查明 Li 元素主要赋存于锂辉石中, Nb、Ta 元素主要赋存于铌钽锰矿、黑稀金矿中; 圈定单矿物重砂异常 27 个; 圈定 Li-Nb-Ta 稀有金属矿产找矿有利区块 2 处。重砂法在川西高原深切地区寻找以锂辉石为主的稀有金属矿床具有较好的指示作用。

关键词: 稀有金属; 自然重砂; 斯跃武; 川西

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2019.03.015

中图分类号: TD989

文献标志码: A

文章编号: 1000-6532 (2019) 03-0065-06

重砂法是矿产地质勘查的一种重要找矿方法^[1], 该方法在追索原生的贵金属矿床(金、铂、铀、钼); 稀有金属矿床(铌、钽、锂、铍、锆); 稀土矿床(钷族、钆族); 黑色金属矿床(铬、钛、钒、锰); 有色金属矿床(锡、钨、钼、秘、铜、铅、锌)尤为有效。分为自然重砂矿物和人工重砂矿物两类。所谓自然重砂是指赋存于第四纪松散沉积物中, 经过淘洗后获得的相对密度大于 2.8 的重矿物。重砂法的基本任务是利用合理的、有效的步骤和方法, 研究重砂矿物特征、形成、迁移和富集的规律, 为地质矿产和基础地质研究提供有意义的信息和资料。

川西高原甘孜-阿坝一带的锂、铍、铌、钽等稀有金属矿产资源较为丰富, 是我国西南地区主要的稀有金属原料基地。在川西地区, 前人^[2-10]研究的区域多集中于锂矿资源较为富集的两个区带: ①石渠-八美-九龙一带, 长 700 km, 宽 30~140 km, 代表性的矿区有康定的甲基卡、道孚的容须卡、石渠的扎乌龙; ②金川-小金一带, 长 190 km,

宽 70 km, 代表性的矿区有金川-马尔康的可尔因, 并对上述知名矿区的矿体规模、矿床成因、成矿时代等方面都做了大量详实的研究工作, 本文选择可尔因矿区的壤塘县蒲西乡斯跃武地区, 该区在 1:20 万《观音桥幅》区调中开展过自然重砂测量工作, 仅圈定了几处白钨矿、锡石等自然重砂异常, 而未对稀有金属自然重砂矿物开展相关研究工作。在斯跃武地区 165 km² 范围内开展 1:5 万自然重砂测量, 采集 121 件自然重砂样品, 在充分收集、分析、研究区内已有的基础地质调查资料和成果基础上, 通过对研究区内各种松散沉积物中的稀有金属自然重砂矿物进行研究, 圈定稀有金属自然重砂矿物异常, 缩小找矿靶区, 甚至追索寻找原生的稀有金属矿体, 提高找矿效率。

1 地质背景

该研究区位于金川-丹巴 Li-Be-Cu-Pt-Ni-Pb-Zn-白云母成矿亚带北段^[11], 该区作为松潘-甘孜造山带的主体部分遭受了多次强烈的构造岩浆

收稿日期: 2017-11-11; 改回日期: 2018-12-19

基金项目: 中国地质调查局基础性公益性地质矿产调查项目(DD20160074)资助

作者简介: 赖杨(1987-), 男, 工程师, 硕士, 研究方向为固体矿产资源调查与评价。

活动,区域上发育巨型的北东向构造岩浆岩带,中、酸性岩浆岩发育,具多期侵位特点,且锂、铌、钽等稀有金属矿产的成矿作用与印支末期-燕山期构造运动紧密相连,为矿床的形成提供了极为有利的地质条件。其中,该成矿亚带内与稀有金属成矿有关的伟晶岩脉十分发育,分布范围较广,脉体中含有锂、铌、钽等稀有金属重砂矿物,为开展自然重砂测量工作提供了先决条件。

研究区中广泛出露的地层为三叠系上统西康群,进一步划分为杂谷脑组(T3z):浅灰色、灰色、深灰色厚块状变质长石石英砂岩,岩屑石英砂岩夹灰色粉砂质板岩及黑色、深灰色碳质板岩;侏倭组(T3zw):薄-中、厚层状变质长石石英砂岩,石英砂岩,岩屑石英砂岩,细砂岩、粉砂岩,粉砂质板岩,绢云板岩,碳质板岩不等厚频繁互层;新都桥组(T3xd):深灰色、灰色的粉砂质板岩、含碳质绢云板岩、含砂泥质条带状板岩或绢云石英千枚岩与深灰-灰色薄层状的变质石英细砂岩及粉砂岩或与变质砂岩呈等厚或不等厚的韵律式互层出现。

区域上岩体主要为印支期和燕山期酸性两期侵入岩,两期侵入岩岩性相似,岩石演化序列都为闪长岩、石英闪长岩、花岗岩闪长岩、二长花岗岩、黑云母花岗岩等。其中雅江构造岩浆岩带六个,岩体呈北西向展布;金川-理县岩浆带大小侵入体二十四,呈北西向或近东西向分布,北西向分布的主要为印支晚期的小岩株(枝)断续分布,近东西分布的为燕山期岩体,从空间展布特征看,主要沿扬子陆块西、北缘出露,可能与扬子陆块向西、北楔入过程中陆内剪切有关。

区域上断裂构造行迹主要呈北西——南东走向和北东——南西走向,褶皱构造行迹主要呈北西西、东西走向,另可见局部有弧形构造。

2 试验

2.1 样品

本研究采用“最小水域法”沿水系(或水域)配合残、坡积层、低位阶地采取自然重砂样品,

局部的情况下,也对古风化壳、河床阶地进行有目的的系统采样,以寻找和评价矿床。“水域法”是按各级河流汇水范围合理布置取样点,发挥每个取样点的控制作用,可收到减少样品,缩短工期的效益。首先据航空照片或地形图考虑区内水系发育情况和地貌特征,以分水岭为界,划分水域。然后将取样点布置在各级水域中主、支流汇合处的上游,以控制次级水域中有用矿物含量和矿物组成特征。取样时逆流而上,对各级水域逐一控制,对不出现有用矿物的水域逐个剔除,即不再取样或只取少量控制性样品。对出现有用矿物的水域逐级追索,直至最后一级水域——最小水域。根据以上方法,在斯跃武地区 165 km² 工作区范围内采集自然重砂样品 121 件,每件重约 50 kg,采样平均密度 0.733 点 / km²。

2.2 试验仪器(工具)与方法

在本研究中过程中,根据试验步骤所使用到的试验仪器(工具)各不相同,主要有直径 2 mm 孔金属网筛、木质船型淘沙盘、铝质圆型淘洗盘、陶质土碗、小型坩埚、恒温烘箱、莱卡立体显微镜、莱卡偏光显微镜、岛津电子探针以及少量必要的试剂。

在野外样品采集、粗淘阶段,为获得一定数量的灰砂,减少运输工作量,原始样品必须就地淘洗。在野外先用直径 2 mm 金属网筛剔除较大砾石,再用木质船型淘沙盘将取筛下物质经“水淘法”淘洗,利用各矿物之间的比重差异,在水动力的作用下,将轻、重矿物相互分离,以达到富集重矿物的目的。

在自然重砂室内精淘阶段,为获得较纯的重砂矿物,需在室内利用铝质圆型淘洗盘、陶质土碗经“水淘法”对野外采集的灰砂进行精淘,再将分离富集的重砂矿物装于小型坩埚中,并置于恒温烘箱中烘干。

在室内鉴定阶段,利用莱卡立体显微镜、莱卡偏光显微镜以及少量必要的试剂对重砂矿物种类及含量进行鉴定,对镜下某些难以鉴定的重砂矿物,可通过电子探针作进一步鉴定。

3 重砂异常及特征

样品经室内淘洗、鉴定,初步查明研究区内自然重砂矿物至少有26种,分别为锂辉石、黑稀金矿、(铁)铌钽锰矿、锡石、白钨矿、褐钨铌矿、

电气石、辰砂、铅族(自然铅、白铅矿、方铅矿)、金红石、白钛石、板钛矿、锐钛矿、钛铁矿、榍石、锆石、独居石、(赤)褐铁矿、磁铁矿、黄铁矿、角闪石、石榴石、铬铁矿、自然金等。在121件样品中,主要自然重砂矿物报出率见表1和图1。

表1 斯跃武地区不同物源区主要自然重砂矿物报出率统计

Table 1 The report rate of main natural heavy sand minerals in different source areas of the Siyuewu area

物源区	锂辉石	铌钽锰矿	黑稀金矿	褐钨铌矿	白钨矿	锡石	金红石	自然金	钛铁矿	电气石
杜柯河北/件	7	7	5	0	40	13	59	5	56	58
杜柯河南/件	6	2	19	1	40	21	59	0	57	60
总报出率/%	10.75	7.44	19.83	0.83	66.12	28.10	97.52	4.13	93.39	97.52

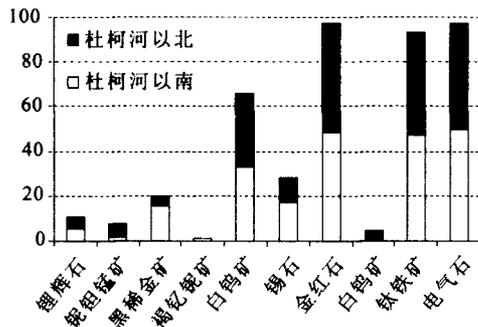


图1 斯跃武地区主要自然重砂矿物报出率/%

Fig. 1 The main natural heavy sand mineral reported rate in different source areas of the Siyuewu area

通过对重砂成果统计分析,结合已知地质矿产情况,选择具有找矿意义的锂辉石、铌钽锰矿、黑稀金矿、白钨矿、电气石、锡石对研究区作了自然重砂异常的圈定。

灰砂中锂辉石呈灰白-淡黄绿色(图2a),单斜晶系,柱状、板状,解理发育,在[100]、[010]晶面发育特征纵纹(裂理),棱角状-次棱角状,断口呈参差状、贝壳状,玻璃光泽,条痕为白色,粒度多为0.2~0.3mm。锂辉石的含量经标准化后最大值为14925粒,最小值为24粒,根据含量异常划分依据(表2),其含量为I级的有10件,含量为II级的有3件,含量级别均较高,且较为集中的分布于斯跃武村北东侧约500m处,且在该处057b1采样点(五级水系汇入四级水系沟口),采集得到3cm×4cm含锂辉石伟晶岩脉砖石。

灰砂中铌钽锰矿呈板状(图2c),棱角状-次棱角状,断口不平,解理发育、清楚,具半金属光泽,铁黑色、黑红色,条痕呈暗红色,脆性。其粒度主要集中于0.2~0.3mm;光片在偏光显

微镜下具有特征明显的褐红色、暗樱桃红色内反射色(图2d),个别颗粒见环带结构。铌钽锰矿的含量经标准化后最大值为3502粒,最小值为55粒,含量级别均为II级。根据电子探针分析数据(表3)及铌、钽变种矿物定名方法,铌钽锰矿可细分为铌铁钽锰矿、钽铁铌锰矿、铌钽锰矿、铌铁矿。铌、钽锰矿中Nb₂O₅的含量最大值为67.619%,最小值为20.449%;Ta₂O₅的含量最大值为63.954%,最小值为12.614%;MnO的含量平均值为14.264%;FeO的含量平均值为2.153%。

灰砂中黑稀金矿呈黑色(图2e、f),长柱状,长径多为0.3mm,宽0.12mm,棱角状,性脆,无解理,贝壳状断口,条痕红褐色;在偏光显微镜下具正极高突起,糙面异常显著,干涉色一级黄白,内反射色暗红、褐红(图2g、h)。黑稀金矿的含量经标准化后最大值为42.9573g/t,最小值为54粒,含量为I级的有1件,含量为II级的有23件,含量级别均较高。根据电子探针分析数据(表4),黑稀金矿中含有Nb、Ta、Y、Th、Ce、U、Zr等稀有元素,其中Nb、Y、U的含量相对较高。据黑稀金矿族(黑稀金矿、复稀金矿、钽黑稀金矿)区分标准^[12],ly-09点中Nb的含量>Ti、Ta,则为黑稀金矿;ly-10点中Ti的含量>Nb、Ta,则为复稀金矿。

灰砂中白钨矿呈白色-浅黄色,双锥状、粒状,棱角状-次棱角状,解理发育,玻璃光泽、丝绸光泽,条痕无色,粒径以0.2~0.3mm为主。白钨矿含量经标准化后最大值为3683.7g/t,最小值为

66粒, 含量为I级的有1件, 含量为II级的有6件, 含量为III级的有73件, 其中I级含量均出现在杜柯河以南额斯本地区五级水域中。

灰砂中锡石呈白色、浅黄色、褐色、紫红色等, 双锥状、粒状, 常见曲膝双晶, 棱角状-次棱角状, 解理发育, 玻璃光泽、丝绸光泽, 条痕无色、褐色, 粒径以0.2~0.3mm为主。白钨矿含量经标准化后最大值为3683.7g/t, 最小值为66粒, 含量为I级的有3件, 含量为II级的有5件, 含量为III级的有72件, 其中I级含量均出现在杜柯河以南额斯本地区五级水域中。

灰砂中电气石呈黑色、黄褐色, 柱状, 柱长一般为0.3mm, 柱面上可见纵纹, 横切面呈球面三角形, 偏光显微镜镜下具有较强的多色性, 正中突起, 干涉色达二级紫红, 平行消光, 负延性。电气石含量经标准化后最大值为567.65g/t, 最小值为234粒, 含量为I级的有2件, 含量为II级的有14件, 含量为III级的有7件, 含量为IV级的有95件, 其中I级含量均出现在杜柯河以南额斯本地区五级水域中。

根据研究区内报出的自然重砂矿物含量级别划分情况, 研究区北侧斯跃武地区可提取出“电气石+钛铁矿+金红石+白钨矿+锡石+铌钽锰矿+锂辉石”的一套自然重砂矿物组合, 其中, 锂辉石、铌钽锰矿的含量级别均较高; 研究区南侧额斯本地区可提取出“电气石+钛铁矿+金红石+锡石+白钨矿+黑稀金矿+锂辉石”的一套自然重砂矿物组合, 其中, 白钨矿、黑稀金矿含量级别较高。

表2 主要自然重砂矿物含量异常分级表

Table 2 Abnormal grading table of the main natural heavy sand minerals

矿物	I		II		III		IV	
	/(g·t ⁻¹)	粒数						
锂辉石		≥百粒		数十粒		数粒		
黑稀金矿		≥百粒		数十粒		数粒		
锡石	≥10		1~10			数十粒		数粒
白钨矿	≥10		1~10			数十粒		数粒
铌钽锰矿	≥5		数十粒			数粒		
电气石	≥50		5~50		0.5~5			≤0.5

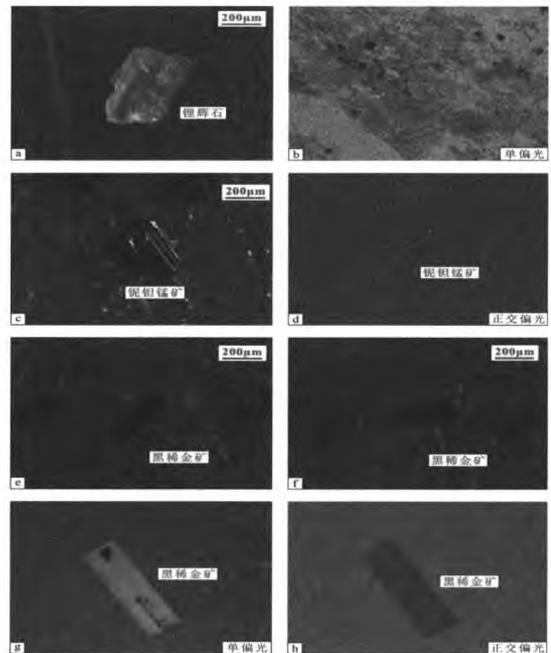


图2 自然重砂矿物立体显微镜下照片和偏光显微镜下照片
Fig. 2 Images of natural heavy sand under stereoscopic microscope and under polarized light microscope

表3 铌钽锰矿(类)电子探针数据统计/%

Table 3 Statistical table of the electron probe data of manganotapiolite (class)

矿物名称	点号	Al ₂ O ₃	MnO	FeO	CaO	Ta ₂ O ₅	TiO ₂	Nb ₂ O ₅	Ce ₂ O ₃	SnO ₂	Y ₂ O ₃	ThO ₂	ZrO ₂	U Ma	总计
铌铁钽锰矿	ly-07	0.000	10.099	4.989	0.013	63.954	0.444	20.449	0.104	0.420	0.000	0.008	0.155		100.635
	ly-17	0.000	12.801	3.959	0.005	50.077	0.016	32.824	0.000	0.081	0.000	0.000	0.158	0.000	99.921
	ly-21	0.000	13.828	2.029	0.019	46.018	1.594	32.628	0.026	0.318	0.000	0.033	0.432	0.268	97.193
	ly-02	0.000	13.085	6.062	0.007	16.665	0.578	64.631	0.000	0.163	0.065	0.000	0.130		101.385
	ly-03	0.000	16.112	2.573	0.010	24.589	0.456	57.688	0.053	0.196	0.062	0.000	0.000		101.740
	ly-04	0.000	15.110	3.612	0.007	21.621	0.289	60.504	0.111	0.076	0.000	0.064	0.159		101.554
钽铁铌锰矿	ly-05	0.012	14.503	3.938	0.038	21.918	0.377	60.362	0.105	0.178	0.000	0.075	0.092		101.598
	ly-06	0.000	16.536	1.683	0.006	25.164	0.474	56.477	0.048	0.161	0.000	0.042	0.179		100.771
	ly-08	0.000	12.283	7.406	0.006	12.614	0.645	67.619	0.000	0.135	0.025	0.078	0.076		100.888
	ly-22	0.008	14.781	1.484	0.024	37.387	1.578	40.067	0.007	0.604	0.000	0.000	0.622	1.254	97.815
	ly-23	0.000	13.953	5.352	0.041	15.641	0.350	63.406	0.000	0.091	0.063	0.000	0.057	0.000	98.954
铌钽锰矿	ly-01	0.000	17.023	0.368	0.017	42.962	0.000	41.372	0.000	0.024	0.000	0.000	0.114		101.880
	ly-15	0.000	17.050	0.089	0.031	42.301	0.004	40.899	0.101	0.124	0.000	0.009	0.033	0.000	100.641
铌铁矿	ly-19	0.000	7.568	10.680	0.020	32.078	0.406	49.197	0.000	0.141	0.000	0.000	0.099	0.042	100.231

注: 此测试不含“OH-”数据。

表4 黑稀金矿电子探针数据统计表 /%
Table 4 Statistical table of the electron probe data of euxenite

点号	SiO ₂	FeO	CaO	Ta ₂ O ₅	TiO ₂	Nb ₂ O ₅	Ce ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	ThO ₂	ZrO ₂	U Ma	Total
ly-09	0.030	0.397	0.521	1.891	24.806	27.110	0.166	17.134	1.932	0.170	14.448	88.605
ly-10	0.000	0.172	0.108	5.327	27.082	23.485	0.136	19.604	2.694	0.000	14.259	92.868

注：此测试不含“OH”数据。

4 重砂找矿潜力分析

根据异常的矿物含量情况及地质矿产特征，将其划分为I级、II级、III级、IV级，由I级到IV级，所反映的矿物含量和找矿意义愈来愈低。在研究区内选定锂辉石、黑稀金矿、铌钽锰矿、锡石、白钨矿、电气石六种矿物，共圈出单矿物异常24处(表5)，在圈出的24处单矿物异常中，I级2处、II级4处、III级12处、IV级6处。

表5 主要单矿物自然重砂异常统计

Table 5 Abnormal statistical table of the main single natural heavy sand minerals

矿物名称	异常分类及个数				合计 / 个
	I级	II级	III级	IV级	
锂辉石	1			4	5
黑稀金矿		1	1	1	3
铌钽锰矿		1		1	2
锡石			2		2
白钨矿		1	8		9
电气石	1	1	1		3
合计(个)	2	4	12	6	24

4.1 杜柯河以北锂辉石-铌钽锰矿-锡石-电气石-白钨矿自然重砂异常集中区

该异常集中区位于斯跃武村藤都桥以北(图3)，异常范围约3 km²。异常区出露地层为三叠系杂谷脑组，北部约1.5 km出露约4 km²花岗闪长岩，围岩地层杂谷脑组(T3z)已角岩化。

在该异常集中区所在的五级水域范围内共取自然重砂样19件，其中五级水系中取样4件，见锂辉石1件，含量为I级；见白钨矿4件，含量均为III级；见锡石2件，含量均为III级；见电气石4件，1件含量为II级，3件含量为IV级；见黑稀金矿1件，含量为II级。六级水系中取样15件，见锂辉石5件，3件含量为I级，2件含量为II级；见白钨矿11件，3件含量为II级，8件含量为III级；见铌钽锰矿6件，含量均为II级；见锡石8件，1件含量为II级，7件含量均为III级；见电气石14件，

1件含量为I级，2件含量为II级，3件含量为III级，8件含量为IV级；见黑稀金矿1件，含量为I级；另外，该区见金红石、钛铁矿、自然金等伴生矿物。上述自然重砂矿物均具棱角状一次棱角状，说明重砂矿物搬运距离较近。

根据以上单矿物含量分级情况，圈定出锂辉石I级异常区1个；电气石I级异常区1个；铌钽锰矿II级异常区1个；白钨矿II级1个、III级异常区2个；黑稀金矿III级异常区1个；锡石III级异常区1个。其中，异常级别较高的锂辉石、铌钽锰矿、电气石、白钨矿、黑稀金矿等单矿物异常套合较好，单矿物异常较为集中分布于该五级水系下游约1.2 km²的范围内，距北侧花岗闪长岩体仅3.5 km。根据自然重砂矿物搬运距离较近，推测其异常范围内具有较好的找矿前景。

4.2 杜柯河以南黑稀金矿-白钨矿-电气石-锡石自然重砂异常集中区

该异常集中区位于额斯本村寨以南约3 km处，异常范围约12 km²，呈肺叶状，长约8 km，最宽处约7 km。异常区出露地层以三叠系杂谷脑组(T3z)为主，最南侧出露少量三叠系侏倭组地层。异常区南侧出露约14 km²的二长花岗岩岩体，围岩地层杂谷脑组、侏倭组地层均有角岩化现象。

该异常集中区范围内六级水系中采集14件重砂样品，见白钨矿14件，1件含量为II级，13件含量为III级；见黑稀金矿8件，含量均为II级；见电气石14件，6件含量为II级，8件含量为IV级；见锂辉石3件，含量为I级；见锡石9件，含量均为III级；另外，该异常区见金红石、钛铁矿等伴生矿物。上述自然重砂矿物均具棱角状一次棱角状，说明重砂矿物搬运距离较近。

根据以上单矿物含量分级情况，圈定出黑稀金矿II级异常区1个；电气石II级异常区1个；

白钨矿Ⅲ级异常区1个；锡石Ⅲ级异常区1个；铌钽铁矿Ⅳ级异常区1个；锂辉石Ⅳ级异常区2个。其中，异常级别较高的为白钨矿、黑稀金矿，且二者单矿物异常套合较好，异常主要分布于二长花岗岩体与围岩的接触带附近，推测异常范围内具有良好的找矿前景。

5 结 论

查明工作区内有锂辉石、黑稀金矿、（铁）铌钽锰矿、锡石、白钨矿、电气石等26种自然重砂矿物；查明Li元素主要赋存于锂辉石中，Nb、Ta元素主要赋存于铌钽锰矿、黑稀金矿中；圈定单矿物重砂异常27个；圈定Li-Nb-Ta稀有金属矿产找矿有利区块2处，重砂法在川西高原深切割地区寻找以锂辉石为主的稀有金属矿床具有较好的指示作用。

自然重砂异常对于地表矿具有重大的找矿意义，尤其是对能形成稳定性较强的重矿物（例如：铌钽矿物、锡石、白钨矿等）矿床来说更加有利。在利用重砂法找矿时，应综合考虑成矿地质背景、重砂异常特征、地形、水流条件等因素，以获得更加准确的找矿效果。

参考文献：

- [1] 马婉仙. 重砂测量与分析 [M]. 北京：地质出版社，1990.
- [2] 郭建强，赵元龙. 四川锂辉石矿地质勘查规划研究 [J]. 四川地质学报，2013，33(1):36-39.
- [3] 王登红，李建康，付小方. 四川甲基卡伟晶岩型稀有金属矿床的成矿时代及其意义 [J]. 地球化学，2005，34(6):541-547.
- [4] 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.
- [5] 刘丽君，付小方，王登红，等. 甲基卡式稀有金属矿床的地质特征与成矿规律 [J]. 矿床地质，2015，34(6):1187-1198.
- [6] 殷聃，张洪超，何成麟. 四川九龙久鲁祝地区伟晶岩型稀有金属成矿条件及找矿方向 [J]. 四川有色金属，2015(4):21-24.
- [7] 李建康，王登红，付小方. 川西可尔因伟晶岩型稀有金属矿床的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代及其构造意义 [J]. 地质学报，2006，80(6):843-848.
- [8] 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(s1):187-188.
- [9] 古城会. 四川省金川县李家沟锂辉石矿床成矿规律研究 [J]. 地球，2013(7): 164-165.
- [10] 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(3): 59-65.
- [11] 徐志刚，陈毓川，王登红，等. 中国成矿区带划分方案 [M]. 北京：地质出版社，2008.
- [12] 吉林省地质研究所，长春地质学院中心试验室. 重砂工作参考手册（初稿，下册）[M]. 长春，1975.

Natural Heavy Mineral Anomaly Characteristics and Ore Potential Analysis of the Siyewu Li-Nb-Ta Rare Metals Ore-concentrated Area in Western Sichuan Province

Lai Yang, Tian Enyuan, Gong Daxin, Zhang Yi, Zhou Xiong

(Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Chengdu, Sichuan, China)

Abstract: The Ganzi and Aba surroundings are rich in the rare metal mineral resources (eg. Li-Nb-Ta) in western Sichuan Pvince, which is the main raw material base of rare metals in southwest China. In this paper, we select the Siyewu area of Puxi township, which is about 50 km west of Kerne mine. In 165 km², 1:50,000 natural heavy sand measurements were carried out, and 121 samples of natural heavy sand were collected. It is found that there are 26 kinds of natural heavy sand minerals, such as spodumene, euxenite, manganotapiolite, cassiterite, scheelite, and tourmaline. It makes clear that the Li element is mainly deposited in spodumene, and the Nb and Ta elements are mainly deposited in (iron) niobium tantalite and euxenite. We delineated 27 block anomalies of single heavy sand mineral, and 2 advantageous blocks of the Li-Nb-Ta rare metal mineral prospecting. In the deep cutting area of western Sichuan plateau, the natural heavy sand method has a good indication effect for finding a rare metal deposit based on spodumene.

Keywords: Rare metals; Natural heavy mineral; Siyewu; Western sichuan pvince