

doi: 10.11720/wtyht.2017.1.10

梁鹏飞, 刘洋, 曾毅夫, 等. 云南金平燕子岩铅锌异常特征及资源量预测[J]. 物探与化探, 2017, 41(1): 65-70. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.1.10>

Liang P F, Liu Y, Zeng Y F, et al. The lead-zinc anomaly characteristics and resource prediction in Yanziyan, Jinping area, Yunnan Province[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2017, 41(1): 65-71. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.1.10>

云南金平燕子岩铅锌异常特征及资源量预测

梁鹏飞¹, 刘洋¹, 曾毅夫¹, 向宇¹, 曾杰²

(1. 四川省地质矿产勘查开发局物探队, 四川 成都 610000; 2. 四川省地质矿产勘查开发局 404 队, 四川 西昌 615000)

摘要: 采用 1:2.5 万土壤地球化学测量研究了云南金平燕子岩地区 Pb、Zn、Ag、Cd、Hg、Sb、Cu、Cr 等的异常分布及组合特征, 结合测区成矿地质背景, 圈定了找矿靶区。通过异常查证, 发现了 Pb、Zn 达工业品位的矿化, 并通过靶区资源量预测, 铅、锌矿潜力达中—大型, 认为该区具有较大的找矿潜力。

关键词: 土壤测量; 异常元素组合; 找矿潜力; 燕子岩靶区; 云南

中图分类号: P632 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2017)01-0065-06

0 引言

云南金平燕子岩找矿靶区地处哀牢山山脉南段西侧, 李仙江支河藤条河中上游地区, 海拔高度 1 860~2 600 m, 相对高差 300~500 m, 属中低山深切割山地。靶区处于杨子成矿区哀牢山成矿带南段的藤条河铜金多金属矿集区。云南省三年找矿行动计划在藤条河地区安排了 1:2.5 万土壤测量 348 km², 于藤条河铜金多金属矿集区中北部圈定出了燕子岩铅锌综合异常(Ht022)。通过岩石剖面测量查证, 证实 Pb、Zn 异常为矿致异常; 通过靶区资源量预测, 该区具有寻找中—大型铅锌矿床的潜力。

1 成矿地质背景

燕子岩找矿靶区位于兰坪—思茅拗陷金平陆缘拗陷南段与绿春陆缘弧带的结合部^[1]。哀牢山断裂以东出露元古宇哀牢山群的一套高绿片岩相—角闪岩相的深变质岩系; 以西发育古生界一套巨厚的含炭质、火山物质的碎屑岩、硅质岩及碳酸盐岩浅变质岩系^[2]。区内构造线呈北西—南东向展布, 断层

以北西—南东向的哀牢山断裂、甘沟断裂、藤条河断裂为主体, 具多期和长期活动特征, 沿断裂带中发育挤压破碎带、糜棱岩化带, 且塑性变形强烈。岩浆活动从加里东期至喜山期均有超基性—酸性岩浆岩喷发与侵入, 具活动频繁、岩类丰富的特征, 构成哀牢山构造—变质—岩浆杂岩带, 形成了与构造、岩浆及变质热液等活动相关的金、铜多金属矿成矿带^[3-12]。

燕子岩铅锌综合异常区处于甘河断裂与藤条河断裂夹持部位, 主要出露泥盆系上统干沟组(D₃gg)白云岩、灰岩和石炭系尖山营组(Cj)生物碎屑灰岩、角砾状生物碎屑灰岩。异常区为走向北西、倾向北东的单斜构造, 断层有北西向的甘沟断裂、藤条河断裂, 并有后期北东向新安里断层交汇。异常中部有热液型银厂后山铅锌矿化点出露, 铅锌矿呈细脉状赋存于干沟组灰岩的北西向层间裂隙和北东向构造裂隙中^[13]。

2 化探异常信息提取

2.1 样品采集与测试

1:2.5 万土壤测量测网采用规则的矩形网, 线距 250 m, 点距 50 m。测量线方向为北东 50°, 大致垂

收稿日期: 2015-07-21

基金项目: 云南省三年地质找矿行动计划项目(201000043)

作者简介: 梁鹏飞(1985-), 男, 河北石家庄人, 工程师, 长期从事矿产勘查和地球化学勘查工作。

直地层走向和主要构造线方向布置。在点周围 5~10 m 范围内,采用一点多坑法,由 3~5 点组合成一个样。样品一般采集在距地表 20~50 cm 深处的土壤 B 层(淋积层)或 C 层(母质层)中的细粒级物质。重复样占原始采样点的 7%。

样品测试由国土资源部成都矿产资源监督检测中心承担。测试项目为 W、Mo、Cu、Pb、Zn、As、Hg、Au、Ag、Sn、Ni、Bi、Cd、Sb、Cr 等 15 种元素。样品分析以电感耦合等离子体质谱法为主,发射光谱法、无火焰原子吸收法、原子荧光法为辅,各元素的报出率均在 99% 以上,各元素的重复分析合格率均高于 90%,野外重复样分析合格率 90.90%~96.93%。分析质量可靠。

2.2 元素背景值特征统计及异常下限确定

在单元素特征值,包括样本数(N)、面积(S)、算术平均值(\bar{x})、标准离差(S_0)、变异系数(C_v)、逐步剔除平均值加(减)3 倍标准离差后的算术平均值(x_0)、几何平均值(x_g)、中位数以及最大值(X_{max})、最小值(X_{min}) 计算统计的基础上,采用背景值加 2 倍标准离差为元素的异常下限,分别计算对数和算术异常下限的统计值,其次根据累计频率统计结果的 95% 或以上的数值作为异常下限值的参数,再依

据地球化学场的分布分配特征进行综合考量确定异常下限值^[14-15]。测区主要元素背景值及异常下限见表 1。

2.3 主成矿元素背景分布

测区 Pb、Zn、Ag 等主成矿元素在各地层单元中的平均含量均大于地球克拉克值^[16],其中 Ag 在石炭系、泥盆系和下奥陶统相对较高,最高在尖山营组(C_j)中,达 0.21×10^{-6} ;Pb 在石炭系、泥盆系和上奥陶统相对较高,最高在干沟组(D_{3gg})中,达 374.64×10^{-6} ;Zn 在上奥陶统、志留系、泥盆系、石炭系富集,最高在尖山营组(C_j),达 575.00×10^{-6} 。各类侵入岩中,Pb、Zn、Ag 在辉绿岩相对较高,分别达 191.52×10^{-6} 、 218.10×10^{-6} 和 0.21×10^{-6} 。

3 靶区异常特征

依据表 1 中确定的异常下限,在燕子岩靶区共圈定 Pb、Zn、Cu、Ag、Cd、Sb、Hg、Cr 等异常 18 个,其中 Pb 异常 1 个、Zn 异常 2 个、Cu 异常 5 个、Ag 异常 3 个、Cd 异常 2 个、Sb 异常 1 个、Hg 异常 2 个、Cr 异常 2 个。

主要单元素异常特征值及分布见表 2、图 1。

表 1 燕子岩靶区土壤测量主要元素背景值及异常下限统计

元素	统计方法	平均值	最大值	最小值	标准离差	变异系数	异常下限计算值	异常下限采用值	中带异常下限值	内带异常下限值
Ag	算术统计结果	0.13331	12.00	0.02	0.213	1.6052	0.560586	0.5	2.00	4.00
	对数统计结果	-0.9690	1.0792	-1.6990	0.2391	-0.2468	0.2641			
Cd	算术统计结果	1.0801	65.10	0.01	2.5556	2.3660	6.19129	1.2	5.0	10
	对数统计结果	-0.5143	1.8136	-2	0.6235	-1.2121	5.2274			
Pb	算术统计结果	93.7291	19023.00	3.06	310.2709	3.3103	714.271	250	1000	2000
	对数统计结果	1.7288	4.2793	0.4857	0.3712	0.2147	206.0560			
Zn	算术统计结果	200.8709	12193.00	4.00	338.7350	1.6863	878.341	650	2500	5000
	对数统计结果	2.0980	4.0861	0.60021	0.3817	0.1820	653.4760			

注:元素含量单位为 10^{-6}

表 2 燕子岩靶区主要异常特征值统计

综合异常	单元素异常	异常下限	异常点数	异常面积 A_a/km^2	异常平均值 C_a	极大值 C_{max}	衬值 $A_c (C_a/T)$	规模 $A_d (C_a \times A_a)$	NAP 值 $(C_a \times A_a/T)$	浓度分带
	Pb01	250	273	3.74	785.91	6182.00	3.14	2940.16	11.76	3
	Zn01	650	123	1.58	1239.11	7682.00	1.91	1961.68	3.02	3
	Zn02	650	25	0.37	1754.72	6453.00	2.70	653.24	1.00	3
Ht022	Ag01	0.5	12	0.13	0.54	0.79	1.09	0.07	0.14	1
	Ag02	0.5	44	0.60	1.06	4.10	2.13	0.64	1.28	3
	Ag03	0.5	5	0.07	0.85	1.23	1.71	0.06	0.12	1
	Cd01	6	131	1.97	9.42	41.50	1.57	18.51	3.08	2
	Cd02	6	14	0.21	11.86	24.40	1.98	2.50	0.42	2

注:元素单位为 $\times 10^{-6}$

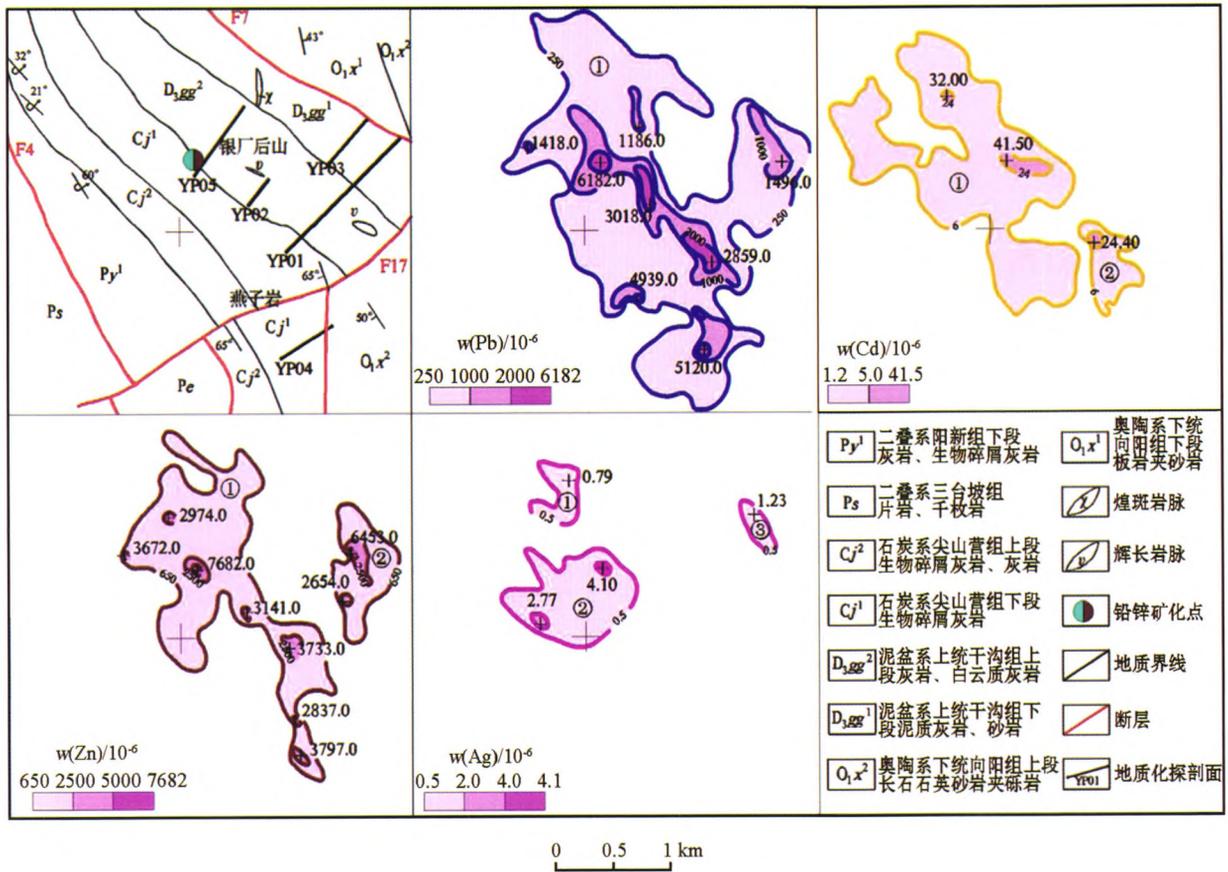


图 1 燕子岩土壤异常剖析

靶区元素异常以规模大、浓度含量高、组合复杂为特点。除 Pb、Zn 主成矿元素异常外,尚有 Cu、Ag、Cd、Sb、Hg、Cr 等异常。Pb 异常面积 3.74 km², 平均值 785.91×10⁻⁶, 最大值 6 182.00×10⁻⁶, NAP 达 11.76, 在异常中心部位有一条长约 2 km 的北东向展布的中带、内带浓度 Pb 异常, 异常浓度都在 1 000×10⁻⁶ 以上, 4 个高值点 (6 182.00×10⁻⁶、5 120.00×10⁻⁶、4 939.00×10⁻⁶、3 018.00×10⁻⁶) 达到或超过铅矿的边界品位; Zn 异常由 Zn01、Zn02 两个分散的异常组成, 面积 1.95 km², 平均值分别为 1239.11×10⁻⁶、1 754.72×10⁻⁶, 最大值分别为 7 682.00×10⁻⁶ 和 6 453×10⁻⁶, 达到或超过锌矿的边界品位, NAP 为 4.02。Zn 高值异常分布与 Pb 异常中带、内带分布一致。

燕子岩铅锌异常地处北西向甘河断裂与北东向新安里断层交汇部位。异常区出露上泥盆统干沟组 (D₃gg) 和石炭系尖山营组 (Cj) 白云岩、灰岩、生物碎屑灰岩等碳酸盐岩, 次级北西向层间裂隙和北东向构造裂隙发育。异常中部有热液型银厂后山铅锌矿化点出露, 铅锌矿呈细脉状赋存于各类构造裂隙中, 异常区成矿地质条件良好。

从异常组合特征分析, 异常是由中低温热液型

多金属矿化所引起。该异常内已发现铅锌矿 (化) 体, 证明为矿致异常。铅锌中、内带异常展布与铅锌矿化层间破碎带分布一致, 规模达 2 km 以上, 且作为 Pb、Zn 异常伴生的前缘晕 Cd 异常规模达 2.18 km², 预示地表出露的铅锌矿 (化) 仅为矿床的头部, 矿床的主体部分可能尚在深部, 预示异常区有较大找矿远景^[17-19]。

4 异常查证

在异常区进行了地球化学综合剖面查证, 大致垂直构造线和异常长轴方向布置了 YP01、YP02、YP03、YP04、YP05 共 5 条实测综合剖面 (图 2)。查证剖面与前期 1:2.5 万土壤测量剖面一致, 点距 10 m, 主要采集岩石样。

1) YP01 地球化学剖面: 1:2.5 万土壤测量异常在该剖面通过地段, Zn 异常最大值 2 650.00×10⁻⁶, Pb 异常最大值 1 496.00×10⁻⁶。异常检查时, 该剖面上 Pb、Zn 异常主要出现在北东段, Pb、Zn 异常最高值同点, 分别为 5 059.00×10⁻⁶ 和 3 927.00×10⁻⁶, 达铅、锌矿边界品位要求。异常点岩性为灰岩, 且旁侧

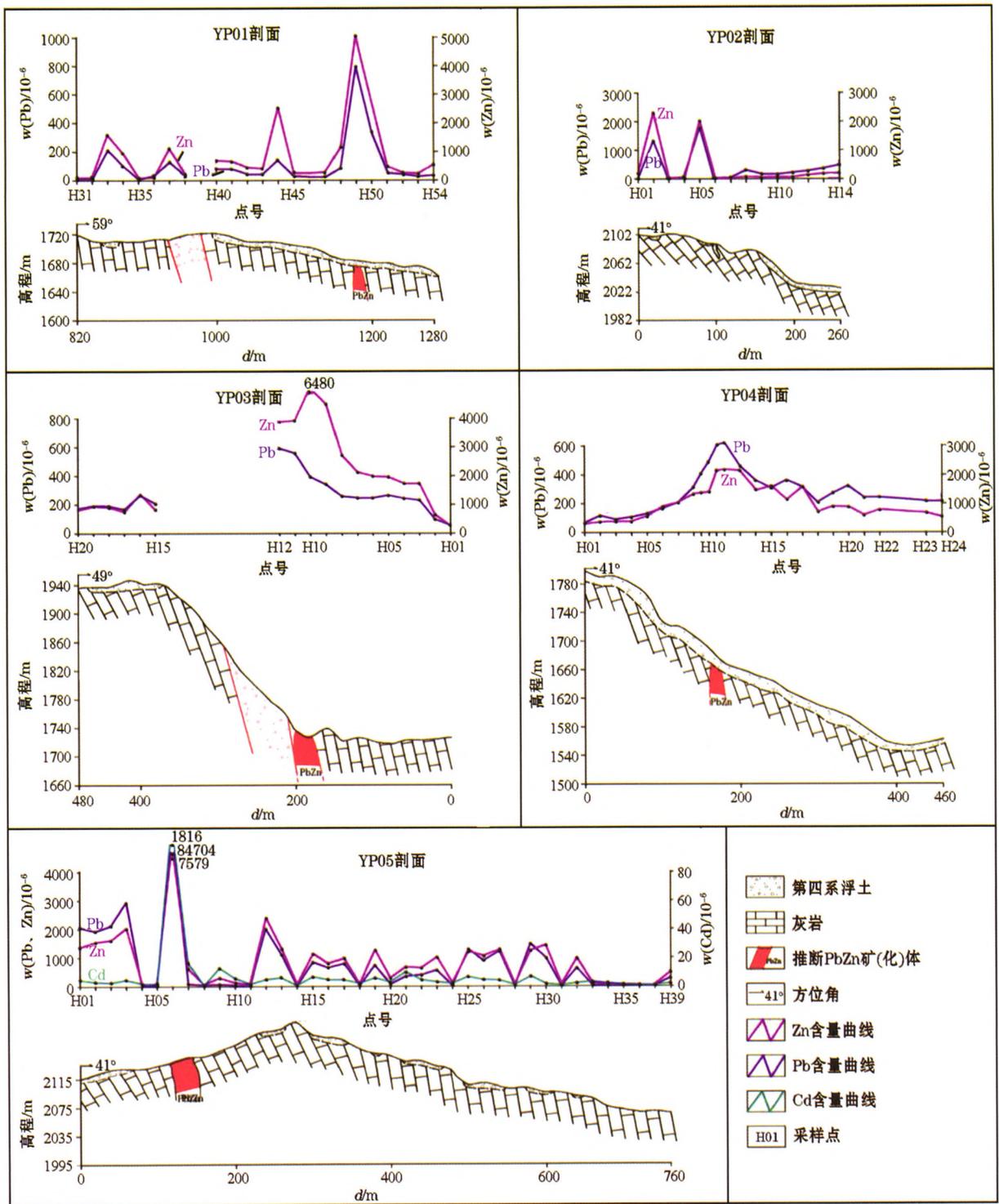


图2 燕子岩靶区地球化学综合剖面

200 m 处有断裂破碎带存在,地层、构造条件利于成矿。

2) YP02 地球化学剖面: 1:2.5 万土壤测量异常在该剖面通过地段,Zn 异常最大值 $3\ 141.00 \times 10^{-6}$ 、Pb 异常最大值 $3\ 018.00 \times 10^{-6}$ 。异常检查时,该剖面上 Pb、Zn 异常主要出现在南西段,其中 H02 号岩石样 Pb 异常最大值 $2\ 300.00 \times 10^{-6}$ 、Zn 异常最大值 1300.00×10^{-6} ; H05 号土壤样 Pb 异常最大值

$2\ 000.00 \times 10^{-6}$ 、Zn 异常最大值 $1\ 530.00 \times 10^{-6}$ 。

3) YP03 地球化学剖面: 1:2.5 万土壤测量异常在该剖面通过地段,Zn 异常最大值 $6\ 453.00 \times 10^{-6}$ 、Pb 含量小于 $1\ 000.00 \times 10^{-6}$ 。异常检查时,该剖面 Zn 异常最大值 $6\ 408.00 \times 10^{-6}$ 、Pb 最大值 $2\ 938.00 \times 10^{-6}$ 。其中 H09~H12 连续 4 个点 Pb、Zn 异常值达到或接近铅锌矿边界品位。异常位于断裂破碎带及上盘的灰岩层中。

4) YP04 地球化学剖面: 1:2.5 万土壤测量异常在该剖面通过地段, Zn 异常最大值 $3\,797.00 \times 10^{-6}$, Pb 异常最大值 $5\,120.00 \times 10^{-6}$ 。异常检查时, 该剖面 Zn 异常最大值 $2\,227.00 \times 10^{-6}$, Pb 异常最大值 $3\,120.00 \times 10^{-6}$, 相对 1:2.5 万土壤测量浓度略低, 但在采样点 H10~H13 之间 Pb、Zn 异常仍然明显。

5) YP05 地球化学剖面: 1:2.5 万土壤测量异常在该剖面通过地段, Zn 异常最大值 $7\,682.00 \times 10^{-6}$, Pb 异常最大值 $6\,182.00 \times 10^{-6}$ 。异常检查时, 该剖面 H07 点 Zn 异常最大值高达 $80\,704.00 \times 10^{-6}$, Pb 异常最大值 $7\,579.00 \times 10^{-6}$, 均达铅锌矿最低工业品位以上。此外, 该点 Cd 浓度达 $1\,816.00 \times 10^{-6}$, 达铅锌矿伴生组分综合评价一般要求的 18 倍。

5 条地球化学剖面测量均证实有铅锌异常存在, 且 Pn、Zn 异常强度较高, 部分岩样达到或超过

铅锌矿边界品位或工业品位要求, 异常处于成矿有利部位, 岩性、构造条件利于成矿, 推断上述剖面异常为铅锌矿引起的矿致异常。

5 靶区资源量预测

运用丰度法对靶区资源量进行预测^[20-23]。方法为: 先计算异常块体可供的金属量, 即主要元素异常面积×推测深度×体重×异常元素平均值, 矿产潜力资源量估计(预测)结果为异常可供金属量×矿化系数。本次异常可供金属量估算深度为 500 m, 矿化系数为 5%, 矿石体重为 2.7 t/m^3 。经预测, 靶区共预测资源量: 铅 19.84 万 t, 锌 17.60 万 t, 银 51.69 t。

各主要异常资源量预测结果见表 3。

表 3 燕子岩靶区资源量预测结果

综合异常 编号	单元素 异常编号	异常平均值 10^{-6}	异常面积 km^2	推测深度 km	块体体积 km^3	体重 t/m^3	可供应金 属量/t	矿化系数 %	资源量 t
Hi022	Ag01	0.54	0.13	0.5	0.065	2.7	94.77	5	4.74
	Ag02	1.06	0.60	0.5	0.300	2.7	858.6	5	42.93
	Ag03	0.85	0.07	0.5	0.035	2.7	80.33	5	4.02
	Pb01	785.91	3.74	0.5	1.870	2.7	3968060	5	198403
	Zn01	1239.11	1.58	0.5	0.790	2.7	2643022	5	132151
	Zn02	1754.72	0.37	0.5	0.185	2.7	876483	5	43824

6 结语

本次土壤测量在靶区新发现了具有重要找矿意义的燕子岩(Hi022)铅锌综合异常, 面积 6.50 km^2 , Zn 最大值 $7\,682.00 \times 10^{-6}$, Pb 最大值 $6\,182.00 \times 10^{-6}$, Cd 最大值 $1\,816.00 \times 10^{-6}$ 。在异常的中心部位有一条呈北东向展布的长约 2 km 的中带、内带浓度 Pb、Zn 异常。地球化学剖面检查证实 Pb、Zn 异常存在, 部分岩样达到或超过铅锌硫化矿石边界品位或工业品位要求。异常区处于北西向深大断裂旁侧与北东向断裂的交汇部位, 出露测铅锌资源量达 37.44 万吨, 具有中—大型铅锌矿的潜力, 建议在该靶区开展以铅锌矿为主的地质找矿工作。

参考文献:

- [1] 云南省地质矿产局. 云南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1990.
- [2] 云南省地质矿产局. 云南省岩石地层[M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [3] 刘增乾, 李兴振, 叶庆同. 三江地区构造岩浆带的划分与矿产分布规律[M]. 北京: 地质出版社, 1993.

- [4] 罗建宁, 张正贵, 陈明. 三江特提斯沉积地质与成矿[M]. 北京: 地质出版社, 1992.
- [5] 莫宜学, 路凤香, 沈上越, 等. 三江特提斯火山作用与成矿[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [6] 李兴振, 刘文均, 王义昭, 等. 西南三江地区特提斯构造演化与成矿(总论)[M]. 北京: 地质出版社, 1999.
- [7] 陈建平, 唐菊兴, 付小方, 等. 西南三江中段成矿规律与成矿预测研究[M]. 北京: 地质出版社, 2008.
- [8] 孙崇波. 哀牢山造山带南段金矿地质特征及其构造控矿因素分析[D]. 成都: 成都理工大学, 2012, 1-2.
- [9] 葛良胜, 郭晓东, 邹依林, 等. 云南哀牢山地区金多金属成矿规律及找方法技术研究[R]. 武警黄金地质研究所, 2008.
- [10] 郭晓东, 邹依林, 张勇, 等. 哀牢山成矿带南段金成矿规律及找矿方向探讨[J]. 地质与资源, 2008, 17(4): 264.
- [11] 胡云中, 唐尚鹤, 王海平, 等. 哀牢山金矿地质[M]. 北京: 地质出版社, 1995.
- [12] 杨俊, 舒培华, 张宏梅. 金平断块岩浆岩与金属矿产关系与找矿靶区[J]. 云南地质, 2013, 32(1): 5-9.
- [13] 杨宏文, 李勇兵, 刘洋, 等. 云南省元阳县藤条河地区铜多金属矿产资源调查报告[R]. 云南华西矿产资源有限公司, 2012.
- [14] 谢学锦. 区域化探[M]. 北京: 地质出版社, 1979.
- [15] 吴远喜. 用算法确定地球化学背景值及异常下限值的一些认识[J]. 矿产与地质, 1988, 2(4): 75-79.
- [16] 迟清华, 鄯明才. 应用地球化学元素丰度数据手册[M]. 北京: 地质出版社, 2007.

- [17] 张善明,冯罡,张建,等.运用土壤地球化学寻找深部矿体的原理及方法[J].地质与勘探,2007,47(6):1114-1123.
- [18] 卢映祥,薛顺荣,尹光候.哀牢山地区金、多金属化探找矿技术研究与应用及成矿带预测[R].云南省地质调查院,2008.
- [19] 王子正,唐兴菊,郎新海.土壤地球化学测量在隐伏矿勘探中的应用[J].西部探矿工程,2007,3(2):92-95.
- [20] 陈永清,王世称.综合信息成矿系列预测的基本原理和方法[J].山东地质,1995,11(1):55-62.
- [21] 龚鹏,李娟,胡小梅,等.区域地球化学定量预测方法技术在矿产资源潜力评价中的应用[J].地质评论,2012,58(6):1101-1110.
- [22] 刘安洲.成矿信息与大比例尺靶区定量预测[M].吉林:吉林大学出版社,1991.
- [23] 周宏坤,丁宗强,雷祖志,等.金属矿床大比例尺定量预测[M].北京:地质出版社,1993.

The lead-zinc anomaly characteristics and resource prediction in Yanziyan, Jinping area, Yunnan Province

LIANG Peng-Fei¹, LIU Yang¹, ZENG Yi-Fu¹, XIANG Yu¹, ZENG Jie²

((1. Geophysical Exploration Party, Sichuan Bureau of Geology and Mineral Resources Development, Chengdu 610000, China; 2. No. 404 Geological Party, Sichuan Bureau of Geology and Mineral Resources Development, Xichang 615000, China)

Abstract: In Yanziyan target area of Jinping district in Yunnan Province, 1 : 25 000 soil survey led to the discovery of many element anomalies, including Pb, Zn, Ag, Cd, Hg, Sb, Cu, Cr. According to the ore-forming geological background of the survey area, the authors delineated the target area. By anomaly inspection, the authors found industrial-grade lead and zinc mineralization. Based on prognosis of target area's mineral reserves, the authors consider that the target area may be a medium to large lead-zinc deposit with considerable ore-prospecting potential.

Key words: soil survey; element association of anomaly; ore-prospecting potential; Yanziyan target area; Yunnan

(本文编辑:蒋实)