

doi: 10.11720/wtyht.2020.1364

张伟,王永华,廖国忠.野外地质样品金元素测试分析箱的研制与应用[J].物探与化探,2020,44(2):356-361.http://doi.org/10.11720/wtyht.2020.1364

Zhang W, Wang Y H, Liao G Z. The development and application of Au element analysis box for field geological samples[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2020, 44(2): 356-361. http://doi.org/10.11720/wtyht.2020.1364

野外地质样品金元素测试分析箱的研制与应用

张伟^{1,2}, 王永华¹, 廖国忠¹

(1. 中国地质调查局 成都地质调查中心, 四川 成都 610082; 2. 电子科技大学 资源与环境学院, 四川 成都 611731)

摘要: 样品测试周期长、等报告、催结果的窘境是当前存在的一个普遍现象。近 3 年来在黔西南地区以卡林型金矿为主攻矿种的矿产地质调查项目中,项目组引入了 20 世纪 90 年代提出的目视比色法,通过反复对比试验对原方法进行了部分改进和装备升级,研制出了一套能够便于野外运输、使用的一体化测试分析箱。与试验室同一批样品的测试结果进行了对比,证明新研制的分析箱在检出下限、测试精度等指标上能够满足快速定性判断的实际需求,能够有效辅助一线地质人员在野外调查过程中对于矿化蚀变现象、新矿点等的新发现进行及时地判定,提高金矿勘查工作的成效性。

关键词: 金元素;野外测试;快速定性;分析箱

中图分类号: P631.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2020)02-0356-06

0 引言

黄金是重要的国际性贵金属储备货币,金矿资源的开发和利用在国家经济发展和社会安定中必然处于重要的战略地位。在众多的找矿方法中,公认的地球化学勘探方法是寻找金矿资源最直接、最有效的手段。目前,地球化学勘探方法已发展得比较成熟,其工作部署、采样方法、样品加工、元素测试、数据处理、异常评价等均有明确的技术规程,但在实际应用中仍然存在的一个重要不足是实验室样品的测试周期过长,与野外地质调查工作严重“脱节”,常见尴尬是在室内催促和等待测试结果。

20 世纪 90 年代起,卢荫麻^[1]、徐晓光^[2]、黄晋荣^[3]、刘万山^[4]、曹建勇^[5]等相继针对基于比色法的野外快速测试方法进行了系统研究,解决了方法原理、测试流程和应用效果等问题。李勇发明了野外黄金快速分析箱,其金元素的检出下限为 0.5×10^{-9} ^[6]。上述前人研究成果虽然奠定了坚实的基础,但存在的不足是方法流程长、检出限偏高、重现

性较差^[7]。近 20 年来,随着我国装备制造业的快速发展以及乡村电力网线建设的大力投入,一线地质工作环境发生了巨大变化,引入便携式、机械化设备来代替以往不精确人工操作成为了可能,从而可以大量地消除人为误差,提高目视比色法的工作效率和可靠性。

1 金元素测试分析箱的原理和流程

1.1 方法原理

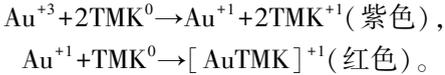
新研制的分析箱是基于目视比色法来实现金元素含量的测试,其核心是利用 Au^{+3} 在一定的酸度条件下能够被聚氨基甲酸酯泡沫塑料所吸附的特质,实现样品中金元素与其他元素的分离。其次,通过灰化处理、EDTA 试剂等排除样品中砷、锑、铊等干扰元素的影响。接着,以小泡沫塑料进行 2 次吸附,并以它为载体,使用高灵敏显色剂硫代米氏酮 (TMK) 溶液将 Au^{+3} 生成具有明显颜色差异的络合物。最后,通过与已知标准样显色“浓淡”差异的对比来定性判断样品金元素的含量。其化学反应方程

收稿日期: 2019-07-15; 修回日期: 2019-11-18

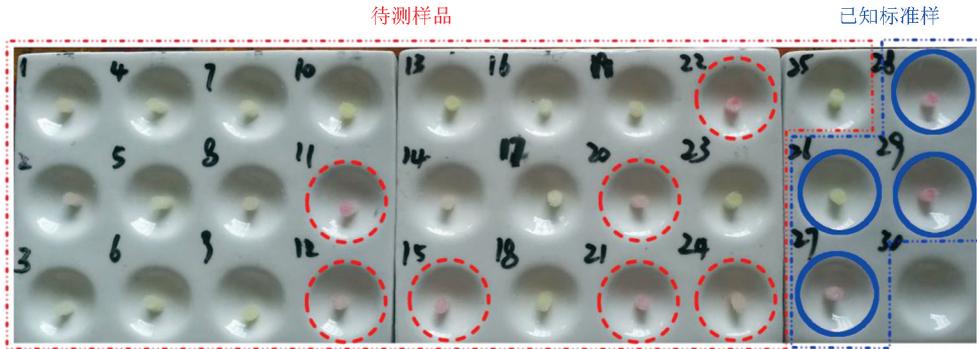
基金项目: 中国地质调查局地质调查项目 (DD20190033, DD20189210, DD20160020) 和国家自然科学基金项目 (41804144)

作者简介: 张方数据,男,重庆市人,高级工程师,在职博士后,主要从事金属矿产地质勘查工作

式为:



该判断方法极其简单,用肉眼即可分辨。简言之:见红有喜,越红越喜(图 1)。



注:1~25 号为待测试样品,26~30 号为已知标准(26 号含量为 0,27 号含量为 20×10^{-9} ,28 号含量为 50×10^{-9} ,29 号含量为 80×10^{-9}),加入 TMK 显色剂后,11、12、15、20、21、24 号样品开始变红,变红的浓度越大,其对应的金含量就越大

Note: No.1~25 is the sample to be tested, No.26~30 is the known standard sample(The contents of samples 26,27,28 and 29 are $0, 20 \times 10^{-9}, 50 \times 10^{-9}$ and 80×10^{-9}). When TMK is added, No. 11, 12, 15, 20, 21 and 24 begin to turn red. The higher the concentration of red, the higher the corresponding gold content.

图 1 黔西南某卡林型金矿 1:5万矿调野外工区驻地实测“比色”结果照片

Fig.1 Photographs of “Colorimetric” Result in 1:50,000 Mine Survey Area of a Carlin-type Gold Mine in the Southwest of Guizhou province

1.2 野外测试流程

新研制的分析箱对繁杂的化学器皿、试剂等进行了一体化箱体设计,便于在野外驻地整体存放、运输和使用。样品测试流程如图 2 所示,可细分为 15 个步骤,各步骤的工作方法阐述如下:

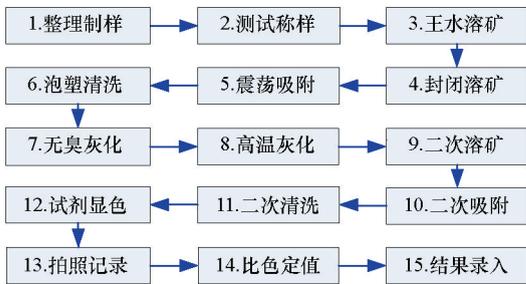


图 2 测试流程图

Fig.2 Test flow chart

1) 整理制样。将待测试样品进行粉碎加工,加工后的粒径应大于 180 目,加工好的粉末状样品应及时编号,以防混淆。

2) 测试称样。将加工后的粉末状样品混合均匀,准确称取 10 g 放入到溶矿瓶中。

3) 王水溶矿。用量筒取 15 mL 的王水,缓慢倒入到装有待测样品的溶矿瓶中。

4) 封闭溶矿。将溶矿瓶瓶盖拧紧,进行 100 °C 水浴加热 30 min。之后取出自然冷却至常温状态。

水,放入 5~8 块 $\varphi 8 \text{ mm}$ 的聚氨酯甲酸酯泡沫,拧紧瓶盖后均匀震荡 30 min。

6) 泡塑清洗。取出溶矿瓶中全部的聚氨酯甲酸酯泡沫并用纯净水清洗,除去聚氨酯甲酸酯泡沫中的样品残渣后放入到 20 mL 的瓷坩埚中。

7) 无臭灰化。倒入适量的无水乙醇浸透瓷坩埚中每一个泡沫,并在泡沫的外面包一层滤纸,再倒入适量无水乙醇后点火燃烧。目的是解决因泡沫材料燃烧不完全散发出有毒刺激性白烟的问题。

8) 高温灰化。将瓷坩埚放到猛火灶上进行二次高温灰化,一般情况下在猛火灶的中心火源点可在 1 min 内将瓷坩埚加热到 800 °C。如何判断高温灰化达到要求的一个直观方法是瓷坩埚底部在高温下变为通红色,瓷坩埚中聚氨酯甲酸酯泡沫全部变为白色粉末(无任何黑色物质存在)。

9) 二次溶矿。向灰化后的瓷坩埚中加入 40% 盐酸 1 mL,加双氧水 (H_2O_2) 3 滴。之后,进行 100 °C 水浴加热 10 min。取出,让其自然冷却至常温状态。

10) 二次吸附。向瓷坩埚中加入 5% 盐酸 4 mL,之后将瓷坩埚中的全部溶液转移到 25 mL 比色管中(使用洗瓶对瓷坩埚内壁进行清洗,将清洗后残液也转移到比色管中)。向比色管中加入乙二胺四乙酸二钠溶液(10%)8 滴,并加入聚氨酯甲酸酯泡沫 $\varphi 4 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$ (0.005 g)一个,盖好比色管塞子

5) 震荡吸附。

后对其进行均匀振荡 15~20 min。

11) 二次清洗。用镊子取出比色管中的聚氨基甲酸酯泡沫,将取出的聚氨基甲酸酯泡沫在纯净水下进行清洗,清洗完毕后放到编好号的陶瓷比色板上。

12) 试剂显色。将聚氨基甲酸酯泡沫浸一下尿素溶液,使用滴管缓慢、均匀地在聚氨基甲酸酯泡沫上滴加 0.002%TMK 显色剂。

13) 拍照记录。显色剂滴加完毕约 3 min 后,聚氨基甲酸酯泡沫上的显色反应已基本稳定。在光照条件好的地方,使用高分辨率手机相机对比色板上的全部聚氨基甲酸酯泡沫进行统一拍照记录。

14) 比色定值。将待测样品的“变红”程度与同一批中的已知标准样进行对比,判断出待测样品的“变红”色差处于哪 2 个标准样的色差区间,定性判断其取值范围。

15) 结果录入。对照测试前的原始样品编号记录和比色照片,记录下对应野外样品的金元素含量值,并将测试结果及时反馈给一线地质调查人员。

2 便携式机械化工具

经分析,前人目视比色法^[1-5]及其野外黄金快速分析箱^[6]之所以存在方法流程长、检出限偏高、重现性较差的问题^[7]主要是因为测试过程中涉及到了大量不精确人为操作,例如样品加工粒径、化学试剂量、化学反应条件等无法保证其同一性。当前,野外驻地的用水、用电、用气、道路交通、车辆运输等条件与 20 世纪 90 年代相比发生了翻天覆地的变化,完全可以引入现代化的便携式辅助性设备,将以往大量繁杂的体力性人工操作替换为由机器来完成,使得金元素的测试过程更加机械智能化、数字定量化和规范流程化。同时,也大大提高测试工作的“简易”操作性,缩短测试时间,减少野外一线地质人员的负担。由于篇幅所限,主要列举以下 3 个核心配件予以对比说明。

1) 便携式碎样机:以前的制样操作是依靠人力在铁捣中反复锤击来人工粉碎样品,同样的步骤目前可通过便携式碎样机在 1~3 min 内将碳酸岩(莫氏硬度 3.5~4)碎石(直径 2~3 cm)打磨成粉末状(200 目)。

2) 回旋式震荡器:以前的震荡吸附吸附是依靠人力摇晃来实现,同样的步骤目前可通过回旋式震荡器来处理,震荡器的定时、调速功能可确保在同等情况下,金元素的吸附量是等同的。

3) 恒温水浴锅:以前的加压封闭溶矿操作是依靠蒸汽锅来实现,同样的步骤目前可通过恒温水浴锅来处理,水浴锅的温控功能可确保在同等情况下,金元素的溶解量是等同的,保证了测试环节的准确性。

引入上述便携式机械化工具后,笔者所述的测试步骤可使得金元素测试的检出下限达到 10×10^{-9} ,使之能够匹配 1:5 万水系沉积物、1:1 万土壤、岩石剖面等化探异常查证工作的指标要求。经测算,新研制分析箱仅需 1 名具备高中化学知识背景的技术员便可独立操作,每批次可测试 30 件样品,测试时间需 4 h,原材料成本约为 3 元/件,完全可以在野外地质调查过程中实现“前一天上山采集,第二天出测试结果”的效率,有效支撑野外地质找矿工作的开展。

3 有效性保证与可靠性验证

3.1 测试精度的稳定性

为了保证金元素测试结果的精度,本文介绍的测试流程与前人有所不同,提出了在每批次测试时插入已知标准样的方法来同步比色取值,用于消除不同批次试剂、不同时间、不同环境、不同操作员操作等可能导致的整体系统误差问题,从而保证每批次样品测试结果的可靠性。卢荫麻^[1]、徐晓光^[2]、刘万山^[4]、曹建勇^[5]等前辈们的测试流程是在正式测试前提前制作出已知金元素含量的标准色阶,之后将每次测试结果与标准色阶进行对比。笔者经过实际试验对比发现,即使是对相同的已知金元素标准样品进行测试,相同测试方法、相近测试间隔、同一个操作员所制作出标准色阶也是存在色阶差异的,因此认为前人方法虽然能够大大地节省工作量,但其无法保证每批次测试精度的稳定性。在现代便携式机械化工具的辅助下,“增加”部分工作量来“提高”金元素的测试精度是可行的。

3.2 测试检出限的控制

每批次样品金元素的最小、最大检出限是通过上述插入到每批次测试中已知标准样的金元素含量来进行控制的。测试中使用的金标准样是由地质矿产部郑州矿产综合利用研究所生产的金地质成份分析标准物质(国家一级标准物质 GBW 07230)来作为每批次测试的已知标准样,其标准值为 $1.33 \mu\text{g/g}$ 。已知标准样的质量是通过计算 10 g 样品中应有的金元素含量来确定的,以称取 50×10^{-9} 数量级的标准样为例,10 g 50×10^{-9} 金品位的样品应含金 10 g

$\times 50 \times 10^{-9} = 5.0 \times 10^{-7}$ g,若使用 GBW 07230(标准值: $1.33 \mu\text{g/g}$) 的国家一级标准物质,应称取 5.0×10^{-7} g $\div 1.33 \mu\text{g/g} \approx 0.376$ g。同理, $10 \times 10^{-9} \sim 5 \times 10^{-6}$ 数量级标准样所对应称取国家一级标准物 GBW 07230 的质量如表 1 所示。

表 1 称取不同金含量对应的标准样质量

Table 1 Table for weighing standard sample

已知标准样的金元素含量	需称取标准样的质量 (GBW 07230)
10×10^{-9} (0.01 g/t)	0.075 g
20×10^{-9} (0.02 g/t)	0.150 g
50×10^{-9} (0.05 g/t)	0.376 g
80×10^{-9} (0.08 g/t)	0.602 g
100×10^{-9} (0.1 g/t)	0.752 g
200×10^{-9} (0.2 g/t)	1.503 g
500×10^{-9} (0.5 g/t)	3.759 g
800×10^{-9} (0.8 g/t)	6.015 g
1×10^{-6} (1.0 g/t)	7.519 g
2×10^{-6} (2.0 g/t)	15.038 g
5×10^{-6} (5.0 g/t)	37.594 g

称取样品时使用高精度微型电子天平称来保证样品的称量精度,目前市场上主流的高精度微型电子天平称的测量精度可达到 0.001 g。当对测试最小检出限要求过低时 ($< 10 \times 10^{-9}$) 时,在实际操作中使用微型电子天平称去称量更轻质量 (< 0.075 g) 的标准样品将变得非常困难,此时可使用如下 2 种方案,来确保电子天平称在实际操作中的样品称量准确性。

1) 使用金元素含量更低的地质成份分析标准物。如表 1 所示,当使用 $1.33 \mu\text{g/g}$ (GBW 07230) 的标准物称量 10×10^{-9} 含量的已知标准样时,对应的标准样称取质量为 0.075 g,若使用的标准物金元素含量减少 1 倍为 $0.665 \mu\text{g/g}$ 时,其称量质量则将增加 1 倍为 0.150 g,使之满足在高精度微型电子天平称的有效测量量程范围内。

2) 整体加大该批次样品的称取质量。通常情况下,测试样品以 10 g 为基本重量单位,表 1 所示称取标准样质量的对应表是按 10 g 样品质量来进行测算的,若将测量样品的基本质量加倍到 20 g,表 1 所示称取标准样质量也将对应加倍。以称量 10×10^{-9} 含量的已知标准样为例,当以 10 g 为基本质量单位时,其称量质量为 0.075 g,当以 20 g 为基本质量单位时,其称量质量加倍为 0.150 g。同样的,通过该方法可以使在实际操作中满足高精度微型电子天平称的有效测量量程。

3.3 可靠性验证与实际数据对比分析

通过在金元素测试分析箱研发阶段的不断试错、改进与验证,对吸附泡沫的大小、化学试剂用量、测试流程等形成了明确的标准化规定,以保证其对金元素测试结果的有效性、准确性和可重复性。2017 年至今,新研制分析箱先后在贵州和云南 2 处野外驻地进行了应用试验,成功地为 3 个 1:5 万矿产地地质调查子项目的金矿野外勘查工作提供了新的找矿线索。期间,一个典型的案例是应用于贵州省 1:5 万马岭幅 (G48E017012) 水系沉积物化探异常的查证工作中,异常查证的工作方法是以 Au、As、Sb、Hg 组合元素异常所在最小汇水面积为单元开展地面路线调查工作,沿途采集有矿化蚀变特征的岩石样品,使用本分析箱在野外驻地对采集岩石样品的含金性进行及时地定性测试分析。根据相关规范^[8]和前人工作经验,认为 $\geq 0.5 \text{g/t}$ ($\geq 500 \times 10^{-9}$) 是岩金样品的工业边界品位,而该值的 1/10 (即 $\geq 50 \times 10^{-9}$) 是判断地质上是否存在含金热液矿化作用、是否具有找矿前景的经验指标值,因此将金元素的测试检出限设置为 $(10 \sim 100) \times 10^{-9}$,每批次插入 5 个标准样品 (即 10×10^{-9} 、 20×10^{-9} 、 50×10^{-9} 、 80×10^{-9} 、 100×10^{-9}),试剂显色后将待测样品“变红”深浅程度与上述 5 个标准样品的“变红”深浅程度进行对比,定性地判断待测样品金元素含量的区间范围,即 $< 10 \times 10^{-9}$ 、 $(10 \sim 20) \times 10^{-9}$ 、 $(20 \sim 50) \times 10^{-9}$ 、 $(50 \sim 80) \times 10^{-9}$ 、 $(80 \sim 100) \times 10^{-9}$ 、 $> 100 \times 10^{-9}$,将 $\geq 50 \times 10^{-9}$ 的样品认为该区域具有较大找矿前景,将 $\geq 20 \times 10^{-9}$ 的样品认为该区域具有金矿化作用显示,将 $< 10 \times 10^{-9}$ 的样品认为该区域的金矿化作用不明显,找矿前景小。

将 159 件样品的野外驻地现场测试结果与实验室测试结果^[9]进行对比,经统计其定性准确率为 85.36%,定量准确率为 74.63%。由于篇幅所限,将前 15 个样品的实际测试结果列于表 2,表明该方法能够在野外为一线地质人员提供相对可靠的金矿找矿信息。

3.4 找矿应用成功实例

2016~2018 年,南盘江成矿区贞丰和富宁地区地质矿产调查项目在贵州省兴义市马岭镇地区开展了以金为主攻矿种 1:5 万马岭幅 (G48E017012) 地质矿产调查工作 (图幅内无任何已有金矿点),2016 年遵照“化探先行”的原则^[10-12],首先开展了 1:5 万水系沉积物化探测量工作,对采集到的 2 324 件样品进行测试和统计分析,困惑的是未在图幅内发现与邻区已知矿床点 (例如泥堡金矿、豹子洞金矿等)

表 2 同一批样品测试结果与定性准确率统计

Table 2 Statistical table of test results and qualitative accuracy for the same batch of samples

序号	样品编号	比色法定性测试	实验室测试	定性准确
1	D001-H1	$<10 \times 10^{-9}$	0.816	是
2	D001-H2	$<10 \times 10^{-9}$	1.11	是
3	D001-H3	$<10 \times 10^{-9}$	0.758	是
4	D001-H4	$<10 \times 10^{-9}$	1.3255	是
5	D001-H5	$<10 \times 10^{-9}$	1.075	是
6	D001-H6	$<10 \times 10^{-9}$	0.49	是
7	D001-H8	$<10 \times 10^{-9}$	1.124	是
8	D002-H2-1	$<10 \times 10^{-9}$	1.191	是
9	D002-H2-2	$<10 \times 10^{-9}$	0.915	是
10	D002-H3	$<10 \times 10^{-9}$ _b	0.768	是
11	D006-H1	$<10 \times 10^{-9}$	1.181	是
12	D006-H2	$<10 \times 10^{-9}$	0.434	是
13	D007-H1	$<10 \times 10^{-9}$	0.685	是
14	D007-H2	$<10 \times 10^{-9}$	0.561	是
15	D007-H3	$<10 \times 10^{-9}$	0.53	是

相似的“高、大、全”Au、As、Sb、Hg 组合异常,为项目中提交 1~2 处找矿靶区的任务带来了较大困难和挑战。

2017 年,项目组结合黔西南卡林型金矿的地质有利成矿背景、构造及其岩性组合条件,围绕发现的 Au、As、Sb、Hg 弱异常开展了异常查证工作^[13],野外工作共投入 2 辆越野车、6 名地质人员和 1 名室内

测试员,野外调查分为 3 个工作小组,工作方法是采用“穿越法”重点调查断裂破碎带、构造裂隙、热液型穿层脉体(石英脉、方解石脉)等的矿化特征,同时兼顾矿产地质填图工作所要求的 PRB 过程^[14],沿途使用数字填图系统(RGMap)进行同步记录,对发现的疑似矿化蚀变体进行采样,发现矿化迹象后采用“追索法”调查矿化特征的分布范围。当日回到驻地后,将采集到的地质样品整理后交给室内测试员,室内测试员第二天在驻地使用新研制测试分析箱对前一天地质人员采集的样品进行测试,测试完成后对测试结果进行拍照和登记,并将新发现的矿化线索及时反馈给地质人员,上山地质队员可根据情况对新发现的矿化线索开展追索和加密工作。

历时 3 个月的野外工作,通过不断的假设和排除,终于幸运地在纳省陡立背斜核部的冲沟中发现了半隐伏状态的原生金矿化露头,经野外驻地测试判断其金元素含量大于 200×10^{-9} ,后经中矿(天津)岩矿检测有限公司测试出其金元素的含量为 691×10^{-9} ^[15],该新发现为后期槽探工程的部署提供了依据支撑,2018 年经刻槽采样分析,金元素含量最高可达 870×10^{-9} ^[16],最终在马岭幅纳省地区成功提交一个 B 类找矿靶区(图 3),预测金资源量 11.86 t。

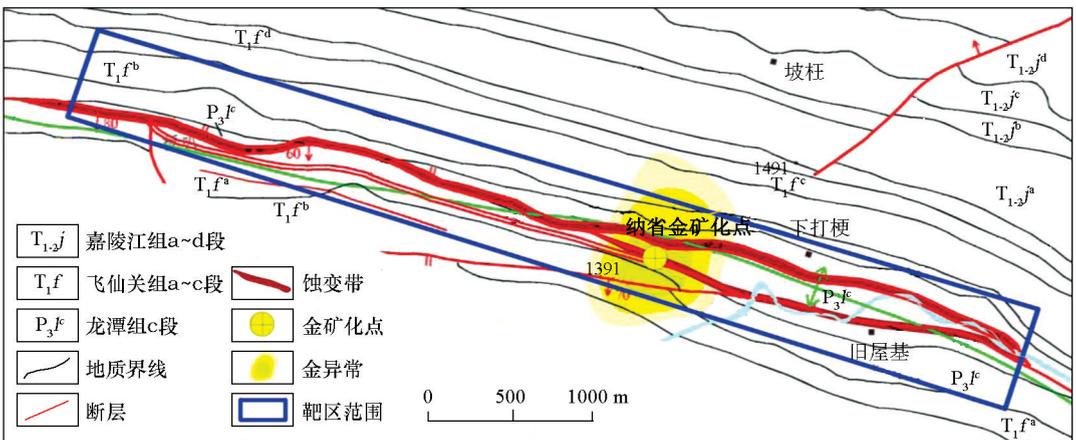


图 3 马岭幅纳省金矿找矿靶区综合成果

Fig.3 Comprehensive map of NaSheng gold prospecting target area in Maling

4 结语

综上所述,新研制的分析箱能够在野外驻地对采集到的地质样品(水系沉积物、土壤、岩石等)的金元素含量进行现场测试,能够及时对野外找矿工作的方向与数据结果等进行判定和评价,能够有效

辅助一线工作人员对找矿目标进行逐次聚焦。与以往金矿勘查工作相比,新装备的显著优点是能够进一步缩短金矿勘查工作的时间周期、提高野外找矿工作的成效性、降低生产成本支出。

参考文献 (References):

[1] 卢荫麻.一种用于化探异常检查的痕量金的现场分析方法[J].物探与化探,1990,14(6):464-469.

- Lu Y X. An on-the-spot trace gold analytical method for reexamination of geochemical gold anomalies[J]. *Geophysical and geochemical exploration*, 1990, 14(6): 464 - 469.
- [2] 徐晓光. 野外快速测金—目视比色法[J]. *广西地质*, 1998, 11(4): 65 - 67.
- Xu X G. Rapid analysis of gold in field visual colorimetry[J]. *Guangxi Geology*, 1998, 11(4): 65 - 67.
- [3] 黄晋荣, 李敏敏. 野外快速测金新方法及其应用效果[J]. *华北地质矿产杂志*, 1999, 14(1): 93 - 97.
- Huang J R, Li M M. An new method for field quick Au test and its applied results[J]. *Jour Geol&min Res North China*, 1999, 14(1): 93 - 97.
- [4] 刘万山. 硫代米唑酮比色法测定金[J]. *有色矿冶*, 2001, 17(4): 42 - 43.
- Liu W S. Determination of gold by thiomic-hler's ketone colorimetric method[J]. *Non-ferrous Mining and Metallurgy*, 2001, 17(4): 42 - 43.
- [5] 曹建勇. 泡塑富集—硫代米唑酮萃取微珠比色法在野外测金的应用[J]. *岩矿测试*, 2006, 25(2): 193 - 194.
- Cao J Y. Application of plastic foam preconcentration-TMK extraction microbead colorimetry in determination of gold in Field[J]. *Rock and Mineral Analysis*, 2006, 25(2): 193 - 194.
- [6] 李勇. 野外黄金快速分析箱: 中国, 01211728.5[P]. 2002-9-25.
- Li Y. Field gold rapid analysis box: China, 01211728.5[P]. 2002-9-25.
- [7] 樊勇, 修凤凤, 韩一帆. 电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)法测定地球化学样品中的痕量金[J]. *中国无机分析化学*, 2017, 7(2): 18 - 21.
- Fan Y, Xiu F F, Han Y F. Determination of trace gold in geochemical samples by inductively coupled plasma-mass spectrometry with water-bath digestion[J]. *Chinese Journal of Inorganic Analytical Chemistry*, 2017, 7(2): 18 - 21.
- [8] DZ/T 0074-93 岩金矿普查规范[S].
- DZ/T 0074-93 Specifications for general survey of rock gold deposits[S].
- [9] 中矿(天津)岩矿检测有限公司. 检测报告(编号: 2017(HT)-19)[R]. 2017.
- Sinomine Rock & Mineral Analysis (Tianjin) Co., Ltd. Test reports (2017(HT)-19)[R]. 2017.
- [10] 高建华, 范文玉, 张林奎. 地球化学快速评价方法在找矿靶区圈定中的应用[J]. *沉积与特提斯地质*, 2007, 27(4): 7 - 10.
- Gao J H, Fan W Y, Zhang L K. An application of the geochemical fast evaluation method to the delineation of the prospecting targets in Garze, Sichuan[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2007, 27(4): 7 - 10.
- [11] 安国英. 危机矿山找矿的地球化学方法技术研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2006.
- An G Y. The chemical exploration technics and methods for prospecting in the mines of reserve crisis[D]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing), 2006.
- [12] 廖国忠, 张伟, 梁生贤, 等. 基于水系流域的地球化学异常分析方法——以 1:50000 丫他幅水系沉积物分析为例[J]. *地质与勘探*, 2018, 54(2): 315 - 324.
- Liao G Z, Zhang W, Liang S X, et al. A geochemical anomaly analysis method based on river basins: An example of the Yata area[J]. *Geology and Exploration*, 2018, 54(2): 315 - 324.
- [13] 廖国忠, 张伟, 吴文贤, 等. 1:50000 水系沉积物地球化学勘查采样点自动设计的方法研究[J]. *物探化探计算技术*, 2018, 40(5): 689 - 694.
- Liao G Z, Zhang W, Wu W X, et al. Research on the method of automatic design of sampling location in stream sediment geochemistry[J]. *Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration*, 2018, 40(5): 689 - 694.
- [14] 李超岭, 于庆文, 杨东来, 等. PRB 数字地质填图技术研究[J]. *地球科学: 中国地质大学学报*, 2003, 28(4): 377 - 383.
- Li C L, Yu Q W, Yang D L, et al. Research on PRB digital mapping techniques[J]. *Earth Science: Journal of China University of Geosciences*, 2003, 28(4): 377 - 383.
- [15] 中矿(天津)岩矿检测有限公司. 检测报告(编号: 2017(HT)-43)[R]. 2017.
- Sinomine Rock & Mineral Analysis (Tianjin) Co., Ltd. Test reports (2017(HT)-43)[R]. 2017.
- [16] 中矿(天津)岩矿检测有限公司. 检测报告(编号: 2018(HT)-15)[R]. 2018.
- Sinomine Rock & Mineral Analysis (Tianjin) Co., Ltd. Test reports (2018(HT)-15)[R]. 2018.

The development and application of Au element analysis box for field geological samples

ZHANG Wei^{1,2}, WANG Yong-Hua¹, LIAO Guo-Zhong¹

(1. Chengdu Center of China Geological Survey, Chengdu 610082, China; 2. School of Resources and Environment, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China)

Abstract: At present, the dilemma of long sample testing cycle, waiting and prompting reports is a common phenomenon. In the past three years, the mineral geological survey project in southwestern Guizhou Province mainly focused on Carlin-type gold deposits, and the project team introduced visual colorimetry which was proposed in the 1990s. Through repeated comparative tests, part of the method was improved and equipment was upgraded, then a set of integrated analysis box was developed, which is convenient for field transportation and use. Compared with the test results of the same samples in the laboratory, it is shown that the performance indicators can meet the needs of rapid qualitative judgment such as detection limit and test accuracy. These results prove that this means can effectively assist the frontline geologists in timely judging the newly discovered mineralization phenomena and new ore spots in the field investigation process, thus improving the effectiveness in gold prospecting work.

Key words: Au element; field test; rapid qualification; analysis box

(本文编辑: 蒋实)