安徽凤阳地区浅钻地球化学方法的找矿应用研究

李小东[1],王明卫[2],写熹[1],孔广林[3],杜玉雕[1],李延月[1]
(1.安徽省地质调查院,合肥 230001;2.陕西省矿产资源调查评审指导中心,西安710075;
3.安徽省地质矿产勘查局312地质队,安徽 蚌埠 233000)

摘　要:本文通过在安徽凤阳浅覆盖地区应用浅钻取样方法技术,较好地解决了土壤光谱样品的取样介质、取样深度等样品采集方面的问题;根据浅钻土壤样品分析结果,编制浅覆盖区元素地球化学图。浅钻取样的同时,又完成了对浅覆盖区下伏地质情况的揭露,辅助编制浅覆盖区基岩地质图。为浅覆盖区下一步工作提供了丰富的信息及找矿线索,特别是在凤阳江山多金属矿外围找矿的应用效果显著,表明浅钻方法技术是解决覆盖区地质调查难题的有效手段。

关键词:凤阳地区;浅覆盖区;浅钻取样;地球化学图;基岩地质图
中图分类号:P632　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1672-4135(2018)03-0217-07

随着我国地质矿产勘查工作的加强,矿产勘查向找寻深部矿、隐伏矿推进,在保持对已有重点成矿区带勘查投入的同时,关注点适当向浅覆盖区转移,并在浅覆盖区取得了一定的找矿突破,如2013年内蒙古呼伦贝尔浅覆盖区发现了红花尔基大型白钨矿床;2016年安徽东北部凤阳浅覆盖区发现了江山中-大型金铅锌多金属矿床,这些找矿成果充分表明加强浅覆盖区地质矿产勘查工作的必要性,隐伏区在寻找巨型矿床方面具有重要意义[1]。浅钻取样方法技术就是揭露浅覆盖区的最直接手段。目前,浅钻(Shallow drilling)化探方法技术已经基本成熟,中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所自2008年起便开始了浅覆盖区地球化学调查方法技术研究,该技术突破了浅覆盖区常规化探方法和其他勘查方法难以奏效、多解性或间接性等瓶颈,为浅覆盖区开展区域地球化学调查奠定了基础[2];同时,该方法技术还具有高效、环保等特点,充分发挥浅钻取样优势,从而逐步替代槽(井)探是浅覆盖区找矿的发展方向[3-4]。

安徽东北部地区是安徽省金多金属成矿重点区域,近年投入了大量的地质勘查工作,但针对区内浅覆盖区的地质找矿工作自2014年才首次开始实施。本文结合中国地质调查局“长江中下游成矿带安庆-盱眙地区矿产地质调查”二级项目子项目“安徽定远范岗-凤阳大庙地区矿产地质调查”工作成果,依托工作实例,对安徽省东北部凤阳浅覆盖区浅钻地球化学方法在找矿工作中的应用及效果进行分析研究,为该地区今后地质工作提供借鉴。

1 研究区地质概况

凤阳浅覆盖区位于安徽省东北部(图1),大地构造上位于华北板块中东部蚌埠隆起,东部靠近秦岭-大别造山带北东部张八岭构造亚带的结合部位,南部靠近淮南褶断带东延部分,属于华北板块与扬子板块在印支期陆内碰撞造山带后陆盆地的北部边缘地区[5]。区内基岩出露较少,研究区北部多为第四系覆盖,南部为凤阳山区,地表出露地层以新太古代五河岩群及中元古代凤阳群为主,岩性以变长石石英砂岩、片麻岩、角闪岩及石英岩等变质岩为主。

前人研究表明[5],研究区自太古宙以来,大致经历了5个地质构造演化阶段:1)新太古代—中元古代的结晶基底形成期;2)新元古代陆缘海沉积—陆表海沉积及早古生代的陆表海沉积—晚古生代的海陆交互相沉积—陆相沉积期;3)早中生代板块俯冲、盖层变形期;4)中生代中、晚期的造山期后拆离、拉伸红盆形成—古近纪坳陷盆地沉积期;5)新近纪以来差异性升降对地表进行改造。由此可见,研究区及周边已知的多金属矿床正是在这样的地质构造背景

收稿日期:2018-08-01
资助项目:国家地质调查项目“安徽定远范岗-凤阳大庙地区矿产地质调查(12120114012601)”
作者简介:李小东(1983-),男,硕士,工程师,长安大学构造地质学专业,从事地质矿产调查与研究工作,Email:echinas@126.com。

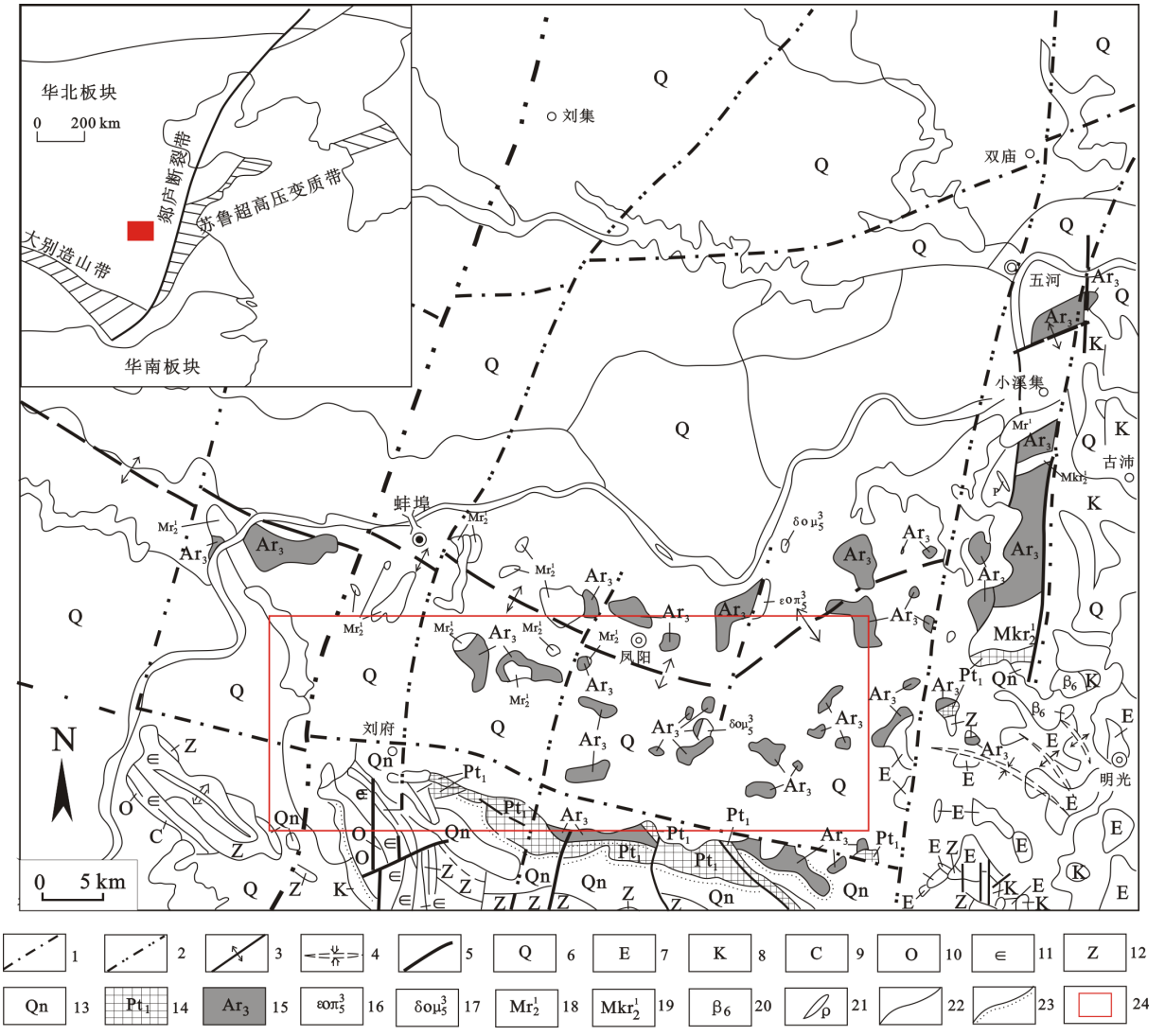

图1 安徽蚌埠–凤阳–五河地区地质图[5–8]

Fig.1 Geological map of Bengbu–Fengyang–Wuhe area, Anhui

1.航磁推断大断裂;2.重磁吻合深断裂;3.复背斜轴;4.复向斜轴;5.其他断裂;6.第四系;7.新近系;8.白垩系;9.石炭系;10.奥陶系;11.寒武系;12.震旦系;13.青白口系;14.下元古界;15.上太古界;16.燕山晚期石英正长斑岩;17.燕山晚期石英闪长玢岩;18.蚌埠期混合花岗岩;19.蚌埠期混合钾长花岗岩;20.喜山期玄武岩;21.伟晶岩脉;22.地质界线;23.不整合接触界线;24.研究区范围

下,具备了从矿质聚集—运移—矿床形成—矿床叠加改造的形成演化过程。

前人通过铅同位素比值判定[8]区内成矿物质来源于五河岩群,磨拉石建造及火山复理石建造是研究区内主要的成矿建造;区内隐伏断裂发育,主要有东西、北东东和北北东等方向,近东西向断裂构造是主要的控矿构造;北东东及北北东向构造为储矿构造,断裂表现出多期活动的特点。

2 浅钻地球化学方法及应用

目前针对覆盖区的地球化学取样方法主要有两种[9],一种是浅钻取样,另外一种是深穿透地球化学勘查方法,根据工作方法不同,深穿透地球化学勘查方法更适合于干旱荒漠等自然环境相对稳定的地区,而在丘陵平原一类的浅覆盖区,元素迁移模型多为耐风化的原生矿物迁移,浅钻地球化学方法以残坡积层及基岩为采样对象,更符合该区的实际情况。

2.1 浅钻地球化学方法介绍

浅钻化探就是通过机动浅钻来完成土壤样品的采集工作,并通过研究含矿信息在残坡积层及基岩层的迁移扩散规律达到找寻隐伏矿的目的。在运积物覆盖超过2 m(一般认为50 m以浅为浅覆盖区)的

地区,常规土壤采样方法几乎不可能采集到与风化基岩接触的残坡积层样品,若采样点在农田中,则所采样品污染更为严重,而浅钻化探方法较好地解决了这个问题(表1)。

表1 常规土壤化探与浅钻特点对比

Tab.1 Comparison of the characteristics of conventional soil geochemical exploration and shallow drilling

工作手段	应用范围	主要特点	可实现地质目的
常规土壤化探	基岩出露区及半出露区	工作手段简单,是地质矿产调查的基础性工作,通过该项工作所圈定的化探异常,辅助圈定重点工作区	土壤化探异常圈定
机动浅钻土壤化探	覆盖区、基岩半出露区内农田等	搬运方便,动力强劲,可实现快速拆装,可解决100 m以浅的覆盖区土壤化探取样问题[3]	化探取样,地质填图取样,异常查证,局部实现“以钻代槽”

2.2浅钻方法在本次工作中的应用

本次工作选取总铺幅(I50E020015)及武店镇幅(I50E020014)两个相邻图幅开展以浅钻取样为主要手段的土壤地球化学测量。已有资料显示,区内大面积第四系覆盖,基岩出露区仅占工作区面积的三分之一,为典型的覆盖区;通过浅钻揭露,第四系覆盖25 m以浅,该区为严格意义上的浅覆盖区。按照浅覆盖区每平方千米1-2个浅钻采样点的密度完成本次工作,重点地区适当加密。

浅钻设备选取无锡GXY-1-150型岩芯钻机进行钻探取芯工作。采用岩心管水循环钻进,孔内自然造浆保护孔壁,使用合金钻头或金刚石钻头,全孔取芯。

主要工作内容有以下几个方面:1)施工钻机浅钻钻进深度以见风化基岩下1 m止;2)采样层位为残积B层;3)所采样品介质为基岩之上风化作用残留疏松物。

本次工作共完成浅钻取样孔470余孔,完成浅钻土壤测量面积约610 km^2。

在全孔取芯后,进行浅钻钻孔地质编录,根据编录分层情况,每个浅钻孔采集残坡积层B层土壤样品一件、岩石光谱样品(风化基岩样品)一件(岩石光谱样品待分析)。土壤采样长度根据分层情况,一般样长40~50 cm,取样方式为浅钻岩芯1/2劈样,若采样层中含砾石过多,则采样长度将根据所需样品重量进行调整。浅钻土壤样品采集好晾晒,防止长时间堆放,发生霉变,在干燥过程中不时揉搓样品,以免土质结块。样品加工处理严格按照DZ/T0011-2010《地球化学普查规范(1/50000)》标准要求规范执行。所采样品均由国土资源部沈阳矿产资源监督检测中心(辽宁省地质矿产研究院)完成分析测试,分析测试工作满足相关规范及质量要求,保证了后期数据处理及异常图件的真实反映。

2.3浅钻化探在本次研究区的应用效果分析

(1)在土壤地球化学调查中的应用效果

本项目在浅覆盖区内圈定出了较好的元素异常,且由于所采样品均为残坡积层样品,保证了元素异常的真实性和可靠性。每件样品均分析了18种元素(Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Sn、W、Mo、Cr、Ni、Co、Ba、F、Cd、Bi、Hg),并分别编制了各元素地球化学图。以总铺幅亮岗–江山地区为例,图2为亮岗—江山地区Au地球化学图(局部)。从图中可以看到,在浅覆盖区内圈定的元素异常(表2)为下一步工作提供了直观的指示信息,特别是在江山的Au异常所圈定的范围内,实现了皖东地区金的找矿突破。

需要特别说明的是,江山–黄泥铺一带的钨异常(图3),数十个浅钻样品钨异常值均在100×10^{-6}以上,异常值最高可达559×10^{-6}(表2),且异常点分布相对集中,这在安徽凤阳浅覆盖区乃至安徽东部地区均属首次发现,其意义在于可以进一步拓展安徽东部找矿思路,对于该区金多金属矿成矿模式可能也有所影响。对于引起钨异常的原因,分析可能为隐伏岩体所致,有待后续工作验证。

(2)在浅覆盖区地质调查研究中的应用效果

浅覆盖区的地质调查,一直是较难解决的问题,最主要的原因是对浅覆盖区下伏地层、下伏地层矿化蚀变信息、构造及是否有隐伏岩体等方面缺乏了解,相较于出露区来讲,地质调查难度较大。浅钻技术方法在完成研究区土壤地球化学工作的同时,揭露了浅覆盖区下伏地质情况,辅助编制覆盖区的基岩地质图及含矿建造构造图等重要地质图件,实现了“一技多能”。

以研究区为例,图4是总铺地区江山一带地质简图,从图上仅能得到江山局部出露地层的情况,获得的地质信息较为有限;图5是浅钻揭盖后编制的基岩地质图(局部),图面可观察总铺地区江山一带基岩的产出及分布情况,为后续工作的开展提供了更丰富、详实的地质信息。

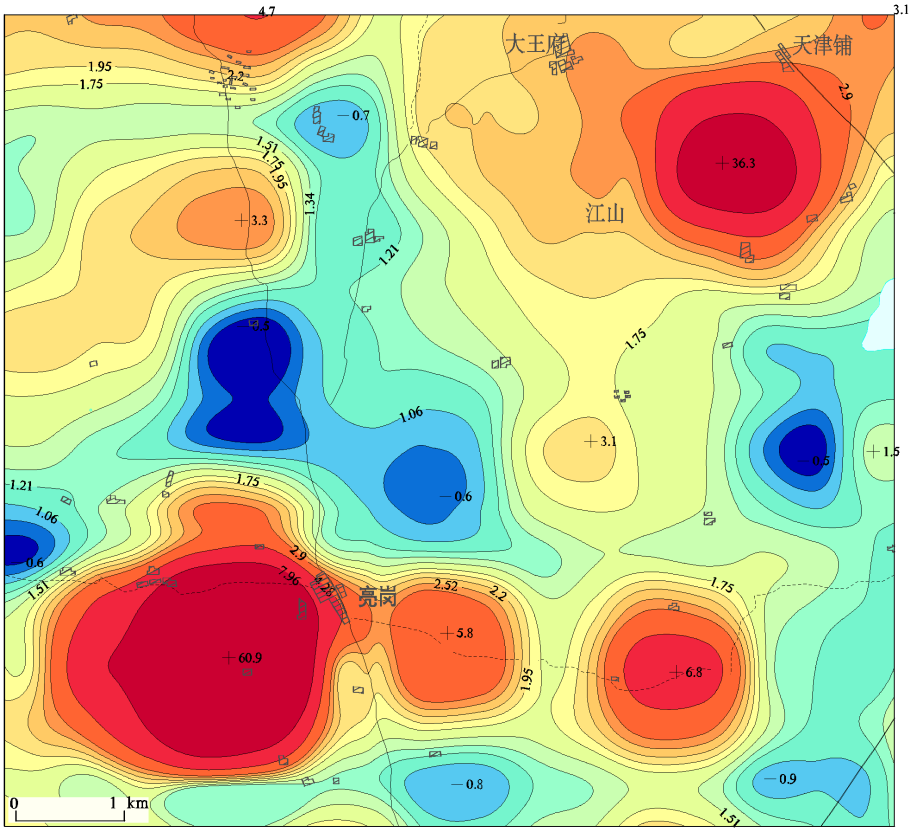

图2 亮岗—江山金地球化学图

Fig.2 The geochemical map of the gold element in the Liang Gang–Jiangshan area

综上所述，浅钻地球化学方法既解决了覆盖区土壤化探采样介质、采样深度的问题，又揭露了覆盖区地质情况，在原异常空白区圈出多个元素异常，特别是Au异常的圈定，表现出较好的应用效果。

3 矿床应用实例

3.1 典型矿床概述

研究区内典型矿床以江山铅锌多金属矿床为主，该矿床位于总铺镇大王府–江山一带，其勘查工作可分为两个阶段，一是早期在分析区域激电中梯测量成果的基础上，选择有利地段（在ηS≥2.5范围内）施工钻孔而发现一较大规模的铅锌（金银）层状矿（化）体；二是2016年在原探矿权外围北东部，本次研究工作所划定的激电异常及Au异常套合区域施工钻探验证，发现一个中–大型金（铅锌）多金属矿（化）体。

已有矿区资料显示[10]，矿体（铅锌为主）沿层间破碎带产出，矿石为矿化碎裂岩和矿化糜棱岩，明显具有层控的特点，但金矿化受构造、蚀变带的影响，表现出构造蚀变岩型的特点。

前期工作资料显示[10]，江山金铅锌多金属矿已控制多条铅锌、锌、铅锌金、铅锌银、及金矿体。在矿权范围内，共圈定50个金矿体，低品位+工业金资源量331+332+333类矿石量约240万吨，金平均品位1.84

表2 浅钻样品分析结果（Au,W）

Tab.2 Analysis results of shallow drilling samples（Au,W）

样品编号	样品分布	分析元素及结果 Au（×10⁻⁹）	样品编号	样品分布	分析元素及结果 W（×10⁻⁶）
QZ1224Y1（亮岗）	亮岗—江山	60.9	QZ1180-2Y1	江山—黄泥铺	559
QZ1211-1Y1		18.9	QZ1334Y1		506
QZ1100-2Y1		16.3	QZ1169Y1		454
QZ1342Y1		14.3	QZ1290-1Y1		447
QZ1223Y1		8.4	QZ1346Y1		382
QZ1228Y1		6.8	QZ1319Y1		332
QZ1198Y1		4	QZ1251Y1		314
QZ1050Y1		3.9	QZ1241Y1		275
QZ1226Y1		5.8	QZ1318Y1		239
QZ1322-1Y1		5.8	QZ1308Y1		232
QZ1073-1Y1		5.7	QZ1239-2Y1		232
QZ1321-1Y1		5.5	QZ1288-2Y1		222
QZ1071Y1		5	QZ1320Y1		218
QZ1047Y1		3.8	QZ1143Y1		203
QZ1061Y1		4.7	QZ1337Y1		198
QZ1049-1Y1		3.7	QZ1297Y1		191

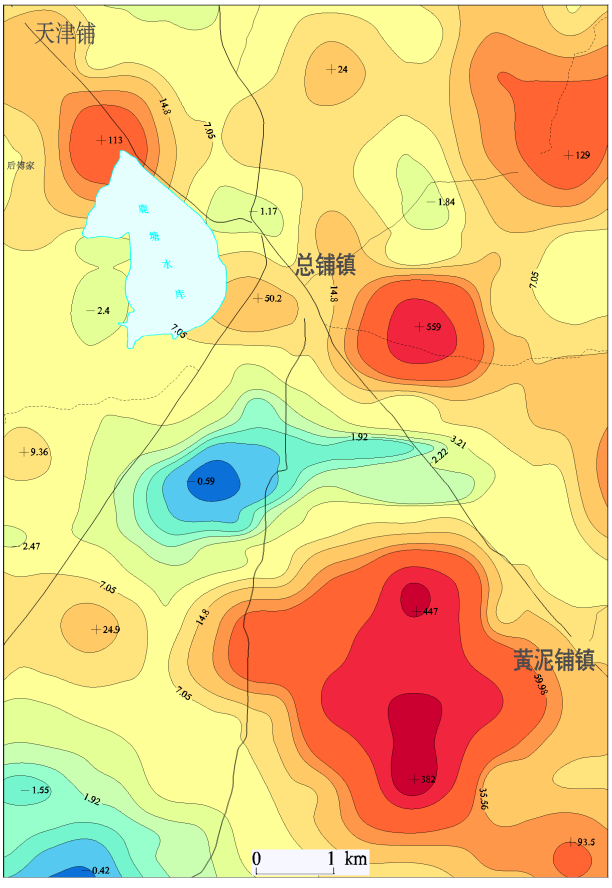

图3 江山-黄泥铺钨地球化学图

Fig.3 The geochemical map of the tungsten element in the Jiangshan-Huang Nipu area

克/吨。圈定的40个铅锌矿体中,331+332+333类低品位+工业铅矿石资源量约300万吨,铅平均品位0.78%;锌矿石资源量约140万吨,锌平均品位1.02%。

江山铅锌矿床已控制的铅锌矿体中,以层状—整合型矿体为主,且层状矿体规模大于脉状矿体规模,含矿围岩以五河岩群庄子里岩组(Ar_3z)大理岩、角闪斜长片麻岩等为主,该矿同时伴有金、银有益元素等,地质背景、构造背景和矿床地质特征与辽南层控型铅锌矿床相近,显示出该区良好的找矿前景。

2016年江山外围新发现的金矿类型基本可确定为"构造蚀变岩型",其成矿模式、成矿规律等基础科学研究还有待完善。

3.2 浅钻化探成果在江山矿外围找矿中的应用

这里笔者重点讨论一下浅覆盖区化探成果对江山金矿外围找矿的指导效果。

江山多金属矿床位于研究区北部半出露—浅覆盖区内,周边可见有零星基岩露头,岩性以白垩纪毛

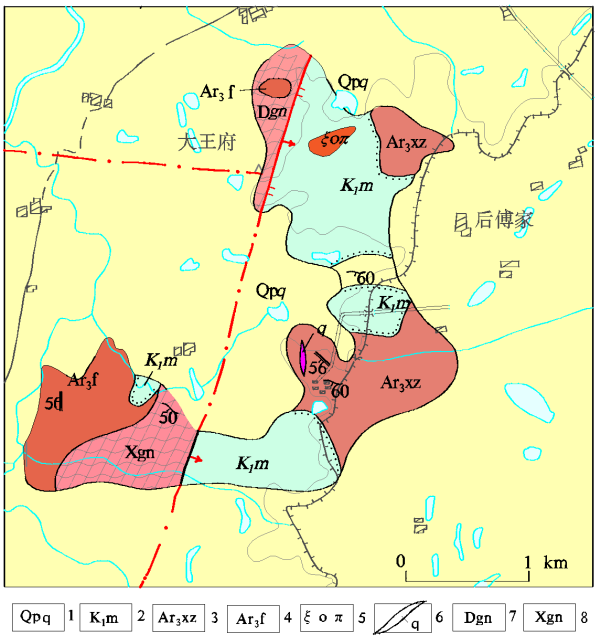

图4 总铺江山一带地质简图

Fig.4 The generalized geologic map of Jiangshan, Zongpu area

1.第四纪戚咀组;2.白垩纪毛坦厂组;3.五河岩群小张庄岩组;4.五河岩群峰山李岩组;5.石英正长斑岩;6.石英脉;7.钾长花岗质片麻岩;8.二长花岗质片麻岩

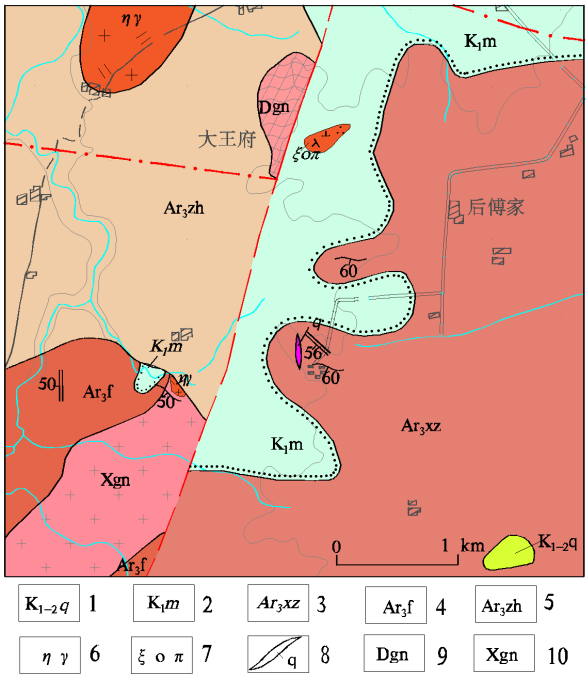

图5 总铺江山一带基岩地质简图

Fig.5 The bedrock generalized geologic map of Jiangshan,Zongpu area

1.白垩纪邱庄组;2.白垩纪毛坦厂组;3.五河岩群小张庄岩组;4.五河岩群峰山李岩组;5.五河岩群庄子里岩组;6.二长花岗岩;7.石英正长斑岩;8.石英脉;9.钾长花岗质片麻岩;10.二长花岗质片麻岩

坦厂组(K_1m)火山岩为主,少量石英正长斑岩出露。矿床以西有北北东向临淮关–亮岗断裂,以东有霸王城–鹿塘断裂,成矿地质条件较优越。

通过本次工作,结合区内地质、物探及化探研究成果,在研究区内圈出亮岗–江山金多金属成矿远景区,远景区内有两处主要金元素异常,一是在矿区外围以东后付家以北至天津铺一带浅覆盖区圈定的Au元素异常;二是在矿床南西约6 km亮岗杨庄一带圈定的Au元素异常。两处金元素异常均分布于浅覆盖区内,前者是大王府元素组合异常的一部分,后者是亮岗元素组合异常的一部分,前人经面积性水系或常规土壤化探均未见显示,而用浅钻方法取残积层B层土壤样品,更真实地反映出了区内元素异常分布及形态,对浅覆盖区内找矿有着重要的指示意义。针对浅覆盖区的化探异常,同样采样浅钻取样的方式完成异常的查证工作。

(1)后付家–天津铺异常

该异常同时套合激电异常,即是江山矿外围找矿突破地区。

浅钻工程揭露及少量地表露头显示,下伏地层主要为新太古代五河岩群庄子里岩组(Ar_3zh)及白垩纪毛坦厂组(K_1m),异常区元素组合以Au、W、F为主,并伴有Mo、Sn、Sb、Ag、Bi、Hg等元素异常,异常总体呈近北东向展布。该异常及其成矿地质特征增加了亮岗异常的矿致异常的可能性。

(2)亮岗杨庄异常

该异常地表均为第四系覆盖,浅钻揭露下伏地层为新太古代五河岩群峰山李岩组(Ar_3f),岩性为大理岩、变粗安质晶屑凝灰岩。异常区元素组合以W、Au、Ag、Cd为主,并伴有Pb、Mo、Cu、Zn、As、Sb等元素异常,异常面积约3 km^2,总体呈北东向展布。

针对该异常的查证,采用机动浅钻取岩石化学样品的方式完成,共完成浅钻取样孔24孔,采集岩石光谱样品24件,分析结果见表3。

从样品分析结果来看,Au元素异常效果并不理想,但其成矿地质条件及找矿线索与江山矿外围有着极高的相似度。首先,亮岗异常与江山外围异常均位于亮岗—临淮关断裂附近;其次,浅钻工程揭露的下伏地层也是区内金多金属矿的主要赋矿层位;再次,在亮岗异常北部边界槽探工程显示金异常达到边界品位。这些都说明,亮岗异常区具有较为重要的找矿信息及找矿前景,同时也充分表明了浅钻方法技术在浅覆盖区地质勘查工作中的应用效果显著。

表3 亮岗异常岩石地球化学参数表

Tab.3 Geochemical parameter table of abnormal rock in Lianggang granite

	Max	Min	X	X_0	S_0	CV_0	N_0
Au	18.9	0.5	3.36	2.68	2.81	1.05	23
Ag	0.58	0.053	0.20	0.20	0.14	0.728	24
Cu	138	7.22	39.50	35.21	14.43	0.41	23
Pb	370	7.73	63.38	40.05	32.41	0.81	22
Zn	214	22.2	92.10	92.10	43.44	0.47	24
As	26.5	1.45	8.25	8.25	7.59	0.92	24
Sb	1.28	0.14	0.53	0.50	0.18	0.37	23
W	13	0.83	4.92	4.92	3.42	0.69	24
Sn	2.92	1	1.24	1.17	0.23	0.19	23
Mo	2.5	0.16	0.93	0.93	0.58	0.62	24
Cr	1995	15	205.0	72.8	41.15	0.57	21
Ni	635	6.72	89.6	56.5	52.67	0.93	22
Co	104	5.7	28.18	24.89	15.40	0.62	23
F	1216	238	677	677	275	0.41	24

注:Max(最大值)、Min(最小值)、X(平均值)、X_0(剔除离群样品的平均值)、S_0(标准离差)、CV_0(变异系数)、N_0(样品数)

4 结论

浅覆盖区是我国地质工作容易忽略的地区,一方面是由于地表覆盖无法观察地质情况,另一方面是浅覆盖区已有的地质找矿线索相对较少,导致地质勘查工作投入的减少,但已有多个找矿实例表明,只要采用合适的技术方法与手段,浅覆盖区同样具有找矿空间和潜力,浅钻技术方法在安徽凤阳浅覆盖区地质工作中的应用也充分证明了这一点。

本次工作在凤阳浅覆盖区采用浅钻技术手段,主要解决了以下几方面的问题,一是解决了浅覆盖区土壤化探采样介质的问题,采集了土壤化探真实需求的样品,为后期地球化学图成图奠定了坚实的基础;二是首次完成了对凤阳浅覆盖区的揭盖,根据浅钻揭露的地质情况,编制基岩地质图、含矿建造构造图等基础性的成果图件,为后续地质勘查工作提供了丰富的基础信息和找矿线索;三是江山外围金矿的发现及总铺–黄泥铺一带钨异常高值区,均指示了覆盖区找矿工作大有可为;四是浅钻技术方法在凤阳覆盖区的可实用性得到了验证,在安徽其他覆盖区均可参考借鉴。

致谢:在野外调查及研究过程中得到安徽省地质调查院赵文广教授级高级工程师指导及大庙项目组汪

晶、吴俊、陈后艳等同志的帮助,审稿专家在本文修改过程中提出了宝贵的意见,在此一并表示感谢。

参考文献:

[1] Woodall,R.The multidisciplinary team approach to successful mineral exploration[J].Society of Economic Geologists, 1993,14:1-7.

[2] 孔牧.浅覆盖区机动浅钻在化探工作中的应用[J].吉林大学学报(地球科学版),2015,45(1):1511-08.

[3] 谭春亮,宋殿兰,苗国文,等.浅钻找矿技术在祁漫塔格成矿带的应用研究[J].西部探矿工程,2016,9:27-30.

[4] 赵洪波,何远信,宋殿兰,等.以钻代槽勘查技术方法与应用研究[J].地质科技情报,2014,33(5):204-207.

[5] 安徽省地质局.中华人民共和国区域地质调查报告(地质部分)(1/20万蚌埠幅)[R],1979.

[6] 应汉龙,刘秉光.安徽凤阳和张八岭地区含金石英脉的$^{40}Ar/^{39}Ar$年龄及其地质意义[J].矿床地质,2002,21(3):240-245.

[7] 周力,张均,王健,等.安徽张八岭地区管店岩体成因及其与上成金矿床的关系[J].地质科技情报,2014,33(1):32-40.

[8] 桑宝梁,陈跃志,崔明.蚌埠—五河地区主要金矿类型的成矿条件及其预测研究报告[R],1991.

[9] 卢猛.森林沼泽浅覆盖区浅钻化探技术研究与应用[D].北京:中国地质大学,2017.

[10] 凤阳县中都矿产开发服务有限公司.安徽省凤阳县江山矿区金铅锌矿勘探地质报告[R],2014.

Application of shallow drilling geochemical method in Fengyang area, Anhui province

LI Xiao-dong[1], WANG Ming-wei[2], XIE Xi[1], KONG Guang-lin[3], DU Yu-diao[1], LI Yan-yue[1]

(*1.Geological Survey of Anhui Province, Hefei 230001; 2.Mineral Resources Investigation and Evaluation Guidance Center of Shanxi Province,Xi'an Shanxi 710075; 3.NO.312 geological team of Geology and Mineral Resources Exploration Bureau in Anhui Province, Bengbu Anhui 233000*)

Abstract: In this paper, shallow drilling sampling technique was applied in the shallow covering area of Fengyang, Anhui Province, and the problems of sampling medium and depth of soil spectral samples were solved. In this study, the shallow drilling sampling technique was used for the first time in this area, and the problems of sampling medium and sampling depth were solved well. Based on the analysis results of shallow drilling soil samples, the elemental geochemical map of shallow overburden area is worked out. Sampling while drilling, we have completed the undercover geological exposure of the shallow overburden area, and compiled the geological map of bedrock in shallow overburden area. The formation of these basic maps provides abundant information and prospecting clues for the next work in shallow overburden areas. Especially, the application of shallow drilling technique in the exploration of Jiangshan polymetallic ore deposit in Fengyang has been proved to be an effective method to solve the geological survey problems in the overlying area.

Key words: Fengyang area; shallow overburden area; shallow drilling sampling; geological map;geolocial map of bed rocks