

南岭科学钻探第一孔选址研究

陈毓川¹ 陈郑辉² 曾载淋³ 赵 正²
赵 斌⁴ 王登红² 张永忠³ 李建国⁴ 周新鹏⁴ 李江东³

(1. 中国地质科学院, 北京 100037; 2. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 3. 江西省地质矿产勘查开发局赣南地质调查大队, 江西 赣州 341000; 4. 山西省地球物理化学勘查院, 山西 运城 044004)

摘要: 赣南银坑矿田作为中国深部探测实验研究在南岭成矿带的首批示范区, 以探索深部矿产资源成矿规律为主要目标, 先后开展了地质实测剖面、地球化学测量、矿田构造、岩浆活动、典型矿床和综合地球物理探测研究, 认识到矿田内中高温热液型钨多金属矿床和中低温金银铅锌铜钼多金属矿床分带性在二维平面空间内的存在。通过区内岩浆活动与典型矿床研究, 发现两类矿床的形成在时间、空间、物质来源和成矿作用方面分别与燕山早期的两套岩浆活动密切相关, 建立了精确的成岩成矿年代学格架, 确立了两类矿床在时空三维上存在着成因联系。应用高精度重磁面积测量和骨干剖面的大地电磁、反射地震和 CSAMT/AMT 等探测方法, 开展了综合地球物理探测研究, 初步探明了区内地层-岩体-构造的深部结构, 为南岭科学钻探选址(SP-NLSD-1)提供了科学依据。南岭科学钻探旨在揭示南岭与武夷成矿带交汇部二层结构的成矿作用, 探索南岭地区时空四维成矿规律。

关键词: 银坑矿田; 深部探测; 科学钻探; 成矿规律

中图分类号: P634 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2013)03-0659-12

大陆科学钻探被称为伸入地球内部的“望远镜”, 可以带动 21 世纪地球科学和相关科学技术发展的大科学工程^[1], 同时也是解决人类社会所面临的资源、灾害和环境等问题的重要途径。南岭成矿带是中国有色、稀土、稀有、铀矿的重要资源基地, 以钨、锡、铋、铅、锌、铋、铀等资源最为丰富, 发育有赣南西华山、湘南柿竹园、广东凡口、广西大厂等一大批举世闻名的大型-超大型多金属矿床; 也是世界上独具特色的与大陆花岗岩有关成矿作用最为强烈的地区之一^[2-3], 孕育了以“成矿系列”理论和“五层楼+地下室”模式为代表的具有中国特色的矿床学理论^[6-8]。同样, 该区存在的

科学疑难问题多, 矿床具有规模大、分布广、共伴生组分多、矿床类型复杂多样等特点^[9-10]; 找矿难度大, 隐伏矿为主、物化遥异常干扰显著。自 20 世纪 50 年代以来, 南岭地区勘探和开发了一大批的矿床, 但经多年开采, 已呈现出后备资源严重不足的局面, 包括西华山在内的世界上著名的一些钨锡矿山已面临资源危机。由于历史和技术等原因, 本区矿床勘探和开采深度一般在 500 m 以内, 而埋深大于 500 m 的大深度矿床, 目前还很少勘查和评价^[11]。因此, 迫切需要开展对南岭地区优势矿产资源的深部探测工作, 开拓第二找矿空间, 也将有利于揭露华南

收稿日期: 2013-05-10; 改回日期: 2013-05-23

基金项目: 深部探测实验研究之“大陆科学钻探选址预研究”之“南岭于都—赣县矿集区科学钻探选址预研究”(201011064-3/4/5), “南岭于都—赣县矿集区立体探测技术与深部成矿预测示范”(SinoProbe-03-03), 中国地质调查局“南岭地区岩浆岩成矿专属性研究(资[2010]矿评01-26-07)”, 中国博士后科学基金(20100480359)及国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室基金“南岭东段银坑矿田成矿规律研究”项目联合资助。

作者简介: 陈毓川, 男, 1934 年生, 中国工程院院士, 从事矿床学研究。

通讯简介: 赵正, 男, 1984 年生, 博士, 主要从事岩浆活动与成矿规律研究; E-mail: kevin8572@hotmail.com。

大花岗岩省的地壳结构和深部构造的控岩控矿作用,更深入地探讨大规模花岗岩岩浆活动的成矿规律问题和多矿种的成因联系等复杂科学问题。

赣南银坑矿田地处南岭成矿带与武夷山成矿带的交汇部位,以中高温系列的钨多金属矿床与中低温系列的金银铜铅锌矿床共生为主要特色,NE与E-W向构造叠加,中酸性-酸性岩浆多期次侵入,在中国华南陆内花岗岩成矿省内极具典型性和特殊性。作为中国深部矿产资源立体探测技术及试验研究的首批示范区,银坑矿田先后开展了实测地质剖面、成岩成矿规律,高精度重磁面积测量和骨干剖面的大地电磁、反射地震和CSAMT/AMT等探测研究(表1),意在揭示与成矿有关的岩体、盖层、基底的空间分布,探讨成矿物质迁移-富集机制,探索深部成矿规律,寻找“第二找矿空间”。在以上工作基础之上,瞄准南岭构造-岩浆-成矿带所面临的主要科学问题,拟在该区选择实施南岭地区首个科学钻探工程。

1 地质构造背景

赣南地区位于南岭东西向构造带与武夷北东向构造带的复合交汇部位,赣南银坑矿田是南岭成矿带东段极具潜力的钨金银铅锌锰铜贵多金属矿田。大地构造上属于钦杭结合带南东侧的华夏板块,横跨罗霄、武夷两块体交接带部位,鹰潭-定南深断裂从两块体之间通过^[12](图1)。该区经历了华夏古陆壳

于新元古代裂解,加里东运动闭合,印支期完成由海到陆的转变,燕山期以来,再度强烈“活化”的演变历史。区内出露地层以新元古代一早古生代褶皱基底为主^[13],晚古生代褶皱盖层呈北北东向展布于银坑-青塘、马安-樟木盆地内,中生代地层多为断陷盆地沉积;岩浆活动具多期、多次特点,以加里东期、燕山期最强烈;强烈发育的北北东向断裂或推覆构造是区域上最醒目的构造格架。矿田内发育有以钨多金属矿为主的高温组合,又有以银金为主的中低温组合,是历次成矿预测优选的赣南最具贵多金属矿找矿潜力的靶区^[14-17]。

2 区域地质

2.1 地质剖面测量

为进一步明确示范区内区域地质情况,并配合地球物理深部探测工作,在1:20万和1:5万图幅工作的基础上,完成了1:2000~1:10000的实测地质剖面14条,累计长度170km(图3);图4为145线地质实测剖面。进一步查明银坑示范区的地层、构造、岩浆岩的分布、产状、规模及其与相关矿产的关系,并建立了示范区地层柱状图(图略)。区内地层划分情况见表2。

2.2 控岩控矿构造

银坑矿田地处赣南中部北北东向于山构造带北段罗霄块体中,东以鹰潭-定南深断裂与武夷块体

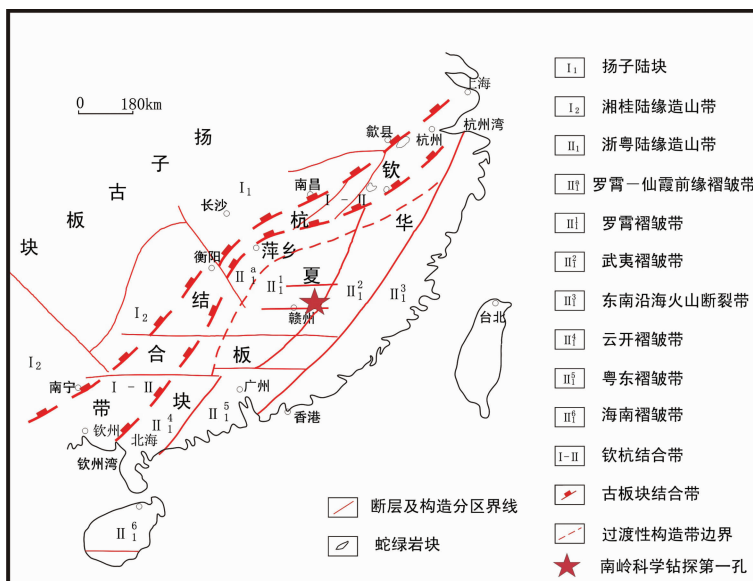


图1 南岭科学钻探大地构造位置图

Fig.1 Tectonic position of Nanling Scientific Drilling-1

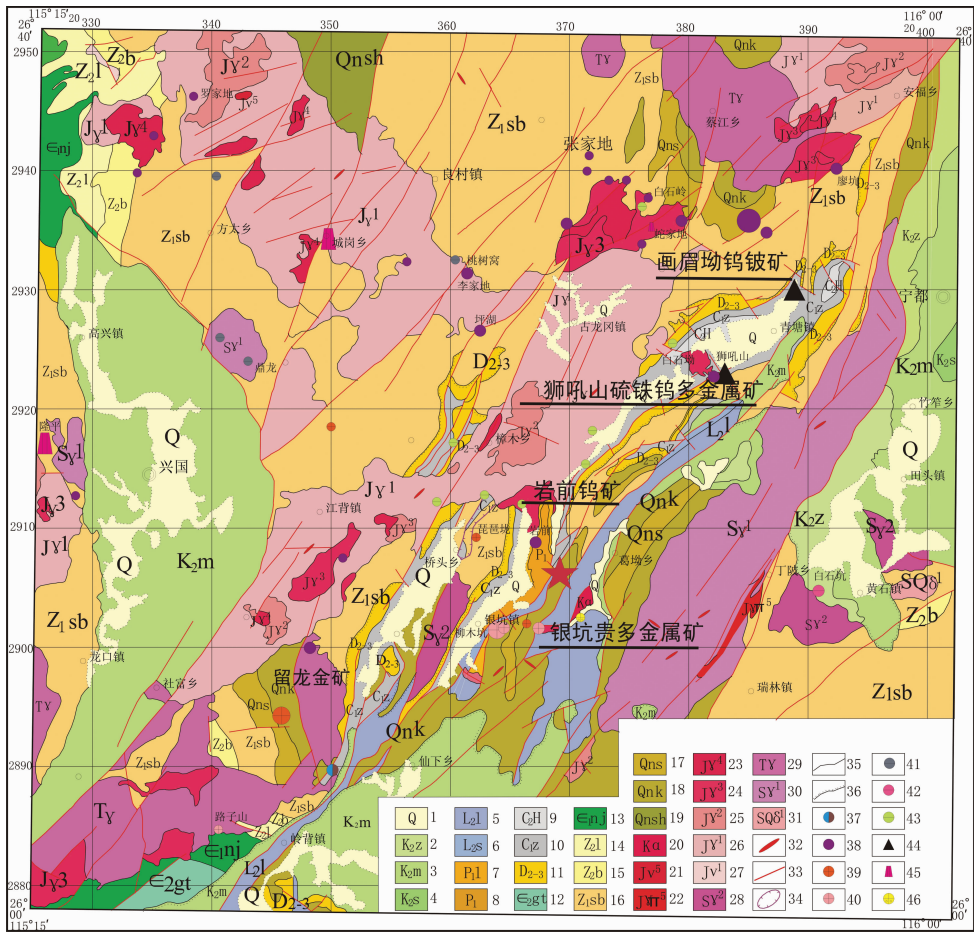


图 2 赣南银坑地区地质矿产图

- 1—第四系全新统一更新统; 2—白垩系上统周田组; 3—白垩系上统茅田组; 4—白垩系下统石溪组; 5—侏罗系上统罗坳组; 6—侏罗系下统水北组; 7—二叠系上统乐平组; 8—二叠系下统并层; 9—石炭系上统壶天群; 10—石炭系下统梓山组; 11—泥盆系上统—上统峡山群; 12—寒武系中统高滩群; 13—寒武系下统牛角河群; 14—震旦系上统老虎塘组; 15—震旦系上统坝里组; 16—震旦系下统沙坝黄组; 17—青白口纪上统组; 18—青白口纪库里组; 19—青白口纪神山组; 20—燕山晚期安山岩; 21—燕山早期第五阶段花岗斑岩; 22—燕山早期第五阶段辉长岩; 23—燕山早期第四阶段细粒花岗岩; 24—燕山早期第三阶段细粒似斑状黑云母花岗岩—细粒斑状二云母花岗岩; 25—燕山早期第二阶段中细粒似斑状二云母花岗岩; 26—燕山早期第一阶段中粗粒似斑状花岗岩—二长花岗岩—花岗闪长岩; 27—燕山早期第一阶段辉长岩; 28—加里东期第二阶段粗粒似斑状黑云母花岗岩; 29—印支期似斑状黑云母花岗岩; 30—加里东期第一阶段似斑状黑云母花岗岩; 31—加里东期第一阶段石英闪长岩; 32—脉岩: 玄武岩(Kβ)流纹斑岩(Kξ)闪长玢岩(Kδμ)石英斑岩(JQπ)花岗闪长斑岩(Jγδπ)辉绿岩(Jβμ); 33—断裂; 34—构造窗; 35—地质界线; 36—不整合界线; 37—铅锌矿; 38—钨矿; 39—金矿; 40—银矿; 41—稀土矿; 42—铌钽矿; 43—铍矿; 44—硫铁矿; 45—萤石矿; 46—砂金矿

Fig.2 Geological map of Yinkeng region in Jiangxi Province, showing distribution of mineral resources

- 1—Holocene-Pleistocene Series of Quaternary; 2— Upper Cretaceous Zhoutian Formation; 3— Upper Cretaceous Miaodian Formation; 4— Lower Cretaceous Shixi Formation; 5— Upper Jurassic Luoaoguo Formation; 6— Lower Jurassic Shuibei Formation; 7— Upper Permian Leping Formation; 8— Lower Permian; 9— Upper Carboniferous Hutian Group; 10— Lower Carboniferous Zishan Formation; 11— Middle-Upper Devonian Xiashan Group; 12— Middle Cambrian Gaotan Group; 13— Lower Cambrian Niujiaohu Group; 14— Upper Sinian Laohutang Formation; 15— Upper Sinian Bali Formation; 16— Lower Sinian Shabahuang Formation; 17— Shangshi Formation of Qingbaikou period; 18— Kuli Formation of Qingbaikou period; 19— Shenshan Formation of Qingbaikou period; 20— Late Yanshanian andesite; 21— Granite porphyry of the fifth stage of Early Yanshanian; 22— Gabbro of the fifth stage of Early Yanshanian; 23— Fine-grained granite of the fourth stage of Early Yanshanian; 24— Fine-grained porphyaceous biotite granite and fine-grained porphyritic two-mica granite of the third stage of Early Yanshanian; 25— Intermediate-fine-grained porphyaceous two-mica granite of the second stage of Early Yanshanian; 26— Intermediate-coarse-grained porphyaceous granite, monzogranite, granodiorite of the first stage of Early Yanshanian; 27— Gabbro of the first stage of Early Yanshanian; 28— Coarse-grained porphyaceous biotite granite of the second stage of Caledonian; 29— Porphyaceous biotite granite of Indosinian; 30— Porphyaceous biotite of the first stage of Caledonian; 31— Quartz diorite of the first stage of Caledonian; 32— Dikes of basalt (Kβ), rhyolite porphyry (Kξ), diorite porphyrite (Kδμ), quartz porphyry (JQπ), granodiorite porphyry (Jγδπ) and diabase (Jβμ); 33— Fault; 34— Tectonic window; 35— Geological boundary; 36— Unconformity; 37— Lead-zinc deposit; 38— Tungsten deposit; 39— Gold deposit; 40— Silver deposit; 41— Rare earth deposit; 42— Columbotantalite deposit; 43— Beryllium deposit; 44— Pyrite deposit; 45— Fluorite deposit; 46— Alluvial gold deposit

① 据 1971—1974 年江西省地质局区调队一分队实测 1:20 万兴国幅, 1997 年赣南地质调查大队 1:5 万调查报告。

表 1 南岭科学钻探选址工程
Table 1 Nanling Scientific Drilling workload

工作内容	精度	完成工作量
地质实测剖面	1:2000~1:1万	共计 12 条 (包括首期安排的 7 条), 170 km
汞气剖面测量	点间距 40 m	70 km, 1434 个炮点钻孔中的岩粉分析
矿田构造研究		地表测量、结合深部地球物理解译和钻探信息
岩体研究	时代、主量、微量、稀土元素分析等	长潭岩体、江背岩体、高山角岩体、有关脉岩
矿床研究	部分达到典型矿床研究要求	画眉坳、狮吼山、岩前钨多金属矿床; 柳木坑、牛形坝、老虎头、营脑金 银铅锌锰铜多金属矿床
物性研究	分地表、钻孔分别对地层、 岩浆岩、矿石测定、统计	地层岩性标本 16 种、各期岩浆岩和岩脉标本 10 种、柳木坑、牛形坝、老 虎头、营脑 4 个矿区矿石共 1646 块, 4 个钻孔岩心计 1800 m
重力	高精度 1:2.5 万 高精度重力剖面	12 km ² 6 条骨干剖面, 100 km
磁法	高精度 1:1 万 高精度剖面	95 km ² 6 条骨干剖面, 103.52 km
CSAMT/AMT / MT	点距 40 m; MN 极距 50~100 m	6 条骨干剖面, 83.32 km, 2 条试验剖面 5.6 km-100 km 共计 7 条剖面的反射 地震、大地电磁、高精度磁法测量
反射地震	CDP 点距 10m; 道间距 20 m; 炮间距 40 m	6 条骨干剖面, 100 km

相接(图 1),即北北东向构造与近东西向构造反“S”形枢纽地段。区内构造以南北向发育最早,北西向、北东向次之,北北东向最新。北西向、北东向、北北东向多期次活动明显,构造形迹尤以北北东向、北东向最醒目(图 2)。

褶皱、断裂、推覆构造、断陷盆地等构造类型发育(图 3,图 4),其中推覆构造的生成、发展,以及与其相关的次级断裂群组和受其控制的燕山期侵入体(地球物理工作对其进行深部解译),与柳木坑—牛形坝一带为代表的内生贵多金属矿床具有密切的成因联系^[18-19]。

构造对本区成矿体系的形成具有明显的控制作用,主要表现为:

①区域上巨型纬向构造带、北北东向构造带是控制本区成岩成矿的主导因素。纬向构造带定型于加里东期,后又经历印支期、燕山期等多期活动,北北东向构造带定型于燕山期,但反复活动。

②燕山期北北东向构造与先期形成的南北、东西、北西向构造交汇、复合、活化,控制着岩体与贵多金属矿田(床)的产出部位。

③多种复杂的矿田(区)构造型式,控制矿床和

矿体的定位。如:矿区(田)内不同方向构造或多组方向构造交汇,岩体接触带构造,地层层面、层间破碎带及岩性差异明显的地层界面,隐爆机构等。

3 岩浆活动特征

银坑地区内岩浆活动频繁,具多期多阶段侵入特征。岩石类型为酸—中酸性,以岩基、岩株、岩瘤、岩墙及岩脉状产出,除北西角的长潭岩体属于志留纪加里东期产物外,其余均为侏罗—白垩纪构造—岩浆活动侵入体(图 2)。

本次工作对示范区内加里东期长潭岩体、燕山早期江背复式岩基、高山角花岗闪长岩体、矿田内与成矿关系密切的牛形坝花岗闪长斑岩脉、柳木坑花岗斑脉和石英斑岩和营脑闪长玢岩进行了进一步研究^[20-21]。年代学和地球化学信息显示:示范区内燕山期花岗岩可分为两类,一类是柳木坑花岗斑岩和江背多期次活动弱过铝质高钾钙碱性系列花岗岩,源自变质砂岩基底熔融;一类是高山角岩体和牛形坝矿区的花岗闪长斑岩,源区具有下地壳基性岩基底和幔源物质贡献。前者与区域上钨多金属优势矿产时、空、成因关系密切,后者与银坑矿田内部金银铅

表 2 赣南银坑地区地层

Table 2 Stratigraphic scale of Yinkeng region in south Jiangxi Province

地质年代			岩石地层单位	代号	厚度/m	备注
代	纪	世				
新生代	第四纪	全新世	联圩组	Qhl	<15	
		更新世	莲塘组	Qplt	3~20	
中生代	白垩纪	早世	石溪组	K _{1s}		
	侏罗纪	中世 早世	罗坳组 水北组	J _{2l} J _{1s}	>1552.14	
晚古生代	二叠纪	早世	乐平组	P _{1l}		
			车头组	P _{1c}	260.56	
			孤峰组	P _{1g}	71.42	①
			小江边组	P _{1x}	97.70	①
			栖霞组	P _{1q}	167.70	①
	石炭纪	早世	壶天群	CH	>535.00	②
			梓山组	C _{1z}	196.38	
			樟寮组	C _{1zd}	65.69	
			三门滩组	C _{1sm}	102.18	
			中棚组	C _{1zp}	136.19	
泥盆纪	晚世	云山组	D _{3y}	214.07		
晚元古代	震旦纪	早世	沙坝黄组	Z _{1sb}	>151.49	
	青白口纪		上施组	Qnss	>205.82	
			库里组	Qnk	>923.84	

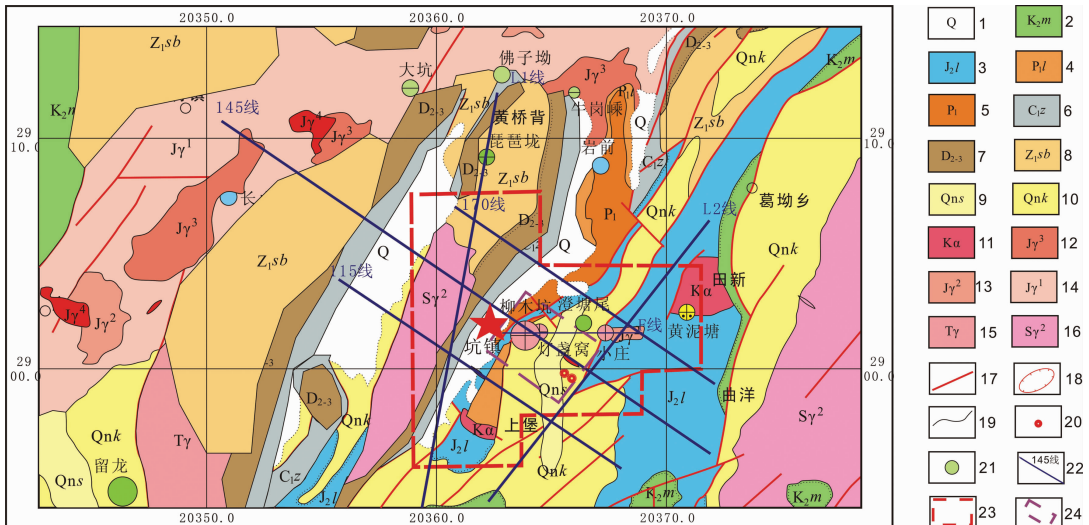


图 3 银坑矿田地质剖面-地球物理工作部署图

1~21 同图 1; 22—骨干测量剖面; 23—磁测范围; 24—重力测量范围

Fig. 3 Geological map showing geological profiling and geophysical survey arrangement in the Yinkeng ore field
1~21 as for Fig. 1; 22— Major cross-section survey profile; 23~24— Gravity and magnetic survey area

① 银坑幅 1:50000 区调说明书; ② 营脑钻孔资料.

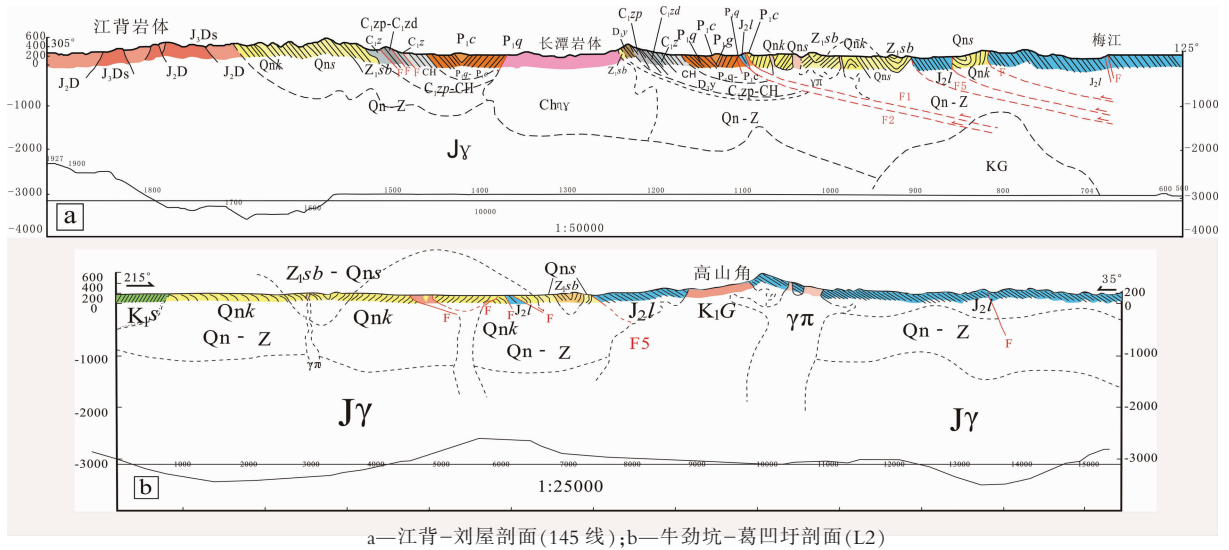


图 4 银坑示范区 L2-145 线地质实测剖面简图(图例同图 2)

Fig.4 Sketch map of geological survey profile (Line 2 and Line145) in Yinkeng region

锌贵多金属矿体伴生。

4 矿床类型及矿化特征

4.1 矿床类型

银坑矿田是一个钨金银铅锌贵多金属矿田,主要矿产种类有:金矿、钨多金属矿、银铅矿、银金矿和铅锌、铜矿、锰多金属矿等。矿床成因类型主要有:矽卡岩型(接触交代型)、岩浆气液型、热液交代型,工业类型可以划分为:石英脉型钨多金属矿、矽卡岩型钨矿、接触交代型硫铁钨多金属矿、蚀变破碎岩型贵多金属矿、层控型贵多金属矿、隐爆角砾岩型铜金矿、岩体接触带型铜金矿化等。

4.2 矿化特征

具体可分为:(1)产于岩浆岩同围岩的内外接触带,矿体主要呈独立大脉的石英大脉型矿床,主要分布在矿田东北部的画眉坳、白石坳和西南部的寨下山;(2)产于岩浆岩与碳酸盐类岩石和部分碎屑岩的接触带及其附近,接触交代矽卡岩型矿床,如矿田中北部的岩前钨矿;(3)破碎蚀变岩型银金矿,该类矿化呈脉状主要产于银坑矿田中部的青白口纪地层,一般沿区内主推覆断裂 F1 上盘的次级北西西—东西向裂隙充填交代成矿;(4)层控型铜多金属矿,该类型矿化分布于银坑矿田营脑矿区石炭纪梓山组碎屑岩与壶天群碳酸岩界面上,矿化完全受该异性界面的破碎带控制。矿化呈带状,地表出露含铜多金

属帽宽度大,界面上盘的壶天群灰岩深部有 10.47 m 厚的多金属矿体(平均品位:Cu 0.253%,Pb 8.153%,Zn 9.646%,Ag 629.34 g/t,Au 6.008 g/t)。显示出碳酸盐下部不整合面上层控型锰、铜、铅锌等多金属矿的巨大找矿前景。(5)隐爆角砾岩型金矿化,该类型矿化分布于矿田中部的桥子坑矿区,属于隐爆角砾岩型低品位的含金矿化类型。矿化体受区内隐爆角砾岩体控制,大小一般为:长 130~220 m,宽 80~130 m,岩体含金品位:0.2~2.52 g/t,平均 0.5 g/t。(6)岩体接触带型多金属矿,沿岩脉(体)边缘或在其中产出,矿化强度较大,如东侧高山角花岗闪长岩周围,数十米宽环状面状黄铁矿化蚀变,在其中已发现多条长达数百至千余米的矿化带,且已达到工业品位。

4.3 成岩成矿规律

银坑矿田在二维平面空间内表现出 W (Be)-Fe-Mn-Au-Ag-Pb-Zn(Cu)的矿化分带现象(图 2),这一元素组合在南岭成矿带和武夷成矿带邻区具有一定的代表性,而在表现形式上体现了成矿区带结合部复合成矿的特点。江背复式岩体的内部及外部接触带上发育钨多金属矿床,金银铅锌(铜)矿床主要分布于矿田内部。以岩前和画眉坳为代表的矽卡岩型-石英脉型钨多金属矿,与牛形坝—柳木坑—老虎头金银铅锌贵多金属矿床在同一矿田尺度共生、且分成独立矿床,两者成岩成矿时代接近

(150~160 Ma)^[19-22], 岩前矽卡岩型白钨矿的成岩成矿年龄分别为(160.60±0.72)Ma和(159.2±2.3)Ma; 牛形坝—老虎头金银多金属矿区成矿相关花岗闪长(斑)岩的年龄为(160±1)Ma和(161±4.3)Ma; 研究表明, 该区钨多金属矿成矿作用受弱过铝质高钾钙碱性系列的中—中细粒黑云母花岗岩浆活动控制, 金银铅锌铜贵多金属矿床(化)与花岗闪长(斑)岩浆活动密切相关; 两类矿床的成矿机制与燕山早期两类岩浆活动密切相关, 中高温系列钨多金属矿床与中低温系列的贵多金属矿床与南岭地区钨锡多金属大规模成矿作用(165~150 Ma)同时、同构造背景, 归属于一个成矿系列。

据岩脉的空间分布及其与矿体的穿插关系推断银坑矿田贵多金属矿化中心受深部隐伏岩体控制; 并以此推断面上存在的中高温系列—中低温系列矿床分带现象, 在隐伏岩体为热中心的控制下, 可能存在垂向分带。进而开展了地球物理综合探测工作, 重点解译示范区内面上岩体的深部延展、隐伏岩体的位置和控岩控矿构造, 并为深部钻探孔位选址提供依据, 揭示“二层结构”成矿作用的存在, 探索深部四维成矿规律。

5 地球物理综合探测信息

通过地质剖面、岩浆岩石学和矿床学的研究, 锁定银坑矿田中高温 W 多金属与中低温贵多金属复合成矿及二层空间成矿作用等科学问题, 开展了综合地球物理探测工作。在对岩矿石各项物性特征研究的基础上, 应用重力、高精度磁测、音频大地电磁测深(AMT)、人工地震反射等物探手段, 揭示了示范区内岩体、矿体、地层和构造在 3 km 以内的展布特征, 推断了控岩控矿的推覆构造和矿区下部 2000~3000 m 处隐伏岩体可能存在的位置(图 5), 建立了示范区地层、岩体和构造的三维立体解译模型。

5.1 岩石物性

5.1.1 重磁地球物理特征

探测目标体之一的岩浆岩与地层的砂岩、凝灰岩、灰岩、矿石的磁化率均存在一定差异。其中地层的大部分岩矿石均无磁性, 磁化率均值为几个至几十个 $10^{-6} \pi \cdot \text{SI}$, 青白口纪千枚岩、变质粉砂岩具有弱磁性, 磁化率均值分别为 $149.61 \times 10^{-6} \pi \cdot \text{SI}$ 和 $185.96 \times 10^{-6} \pi \cdot \text{SI}$ 。岩浆岩具有一定的磁性, 二长花岗岩、闪长岩磁化率 $300 \times 10^{-6} \sim 1000 \times 10^{-6} \pi \cdot \text{SI}$, 花岗斑岩和

石英斑岩, 爆破角砾岩具有弱磁性, 磁化率均值 $100 \times 10^{-6} \pi \cdot \text{SI}$, 差异较明显。岩浆岩的密度(2.53 g/cm^3)最小, 地层岩矿石的密度($2.522 \sim 2.767 \text{ g/cm}^3$)为中值, 矿石密度最大($3.20 \sim 3.62 \text{ g/cm}^3$), 地层岩性和矿石的密度存在着较明显差异。

探测间接目标体之一的矿石无磁性或弱磁性, 与地层围岩磁性差异较小, 且由于矿体的规模和厚度相对地层和岩浆岩来说太小, 很难分辨。而矿石密度最大($3.20 \sim 3.62 \text{ g/cm}^3$), 与岩浆岩和地层岩性差异明显。

5.1.2 电性地球物理特征

探测目标体之一的岩浆岩主要为高阻、低极化特征。其中, 爆破角砾岩电阻率值相对较低, 几何均值为 $1294.49 \Omega \cdot \text{m}$ 。地层岩性中, 侏罗纪的泥质粉砂岩电阻率最低, 几何均值为 $439.13 \Omega \cdot \text{m}$, 其余地层单元的电阻率值均较高, 普遍呈中阻、高阻特征响应。探测间接目标体之各类矿石的极化率均较高, 电阻率均较低, 呈低阻高极化特征响应。

综上所述: 岩浆岩和地层岩矿石磁性差异较明显, 地层和岩矿石磁性差异较小; 岩浆岩、地层岩矿石和矿石的密度差异较明显, 岩浆岩的密度最小, 矿石密度较大; 全区主要地质体密度、磁性差异较明显。岩浆岩与围岩的电性特征有一定差异, 但不是十分明显; 矿体(石)的电性特征与岩浆岩、围岩的差异明显; 示范区地层电性差异一般, 矿石电性特征明显。

5.2 深部构造特征

(1) 逆推覆构造特征: 银坑示范区的逆推覆构造以 F1 为主, 伴生有断距大小不同的推覆构造(F5 最为典型)。

(2) 褶皱构造特征: 在逆推覆构造 F1 的作用下, 在其前后和上部有规模不同的复式褶皱构造, 尤其以 F1 西北部的褶皱构造规模最大。

5.3 岩浆岩的空间展布

(1) 高山角岩体: 该岩体岩性单一, 为一期岩浆活动, 从东南方向侵入。深部空间分布范围比实际出露的范围大的多, 在深部有隐伏岩体存在。

(2) 长潭岩体: 该岩体岩性单一, 为一期岩浆活动, 具有低密度、低磁特点, 从目前探测线上的资料看该岩体埋深有限, 在 145 线上 1500 m 左右。

(3) 江背岩体: 该岩体为多期复式岩体, 地质和磁性特征均说明了这一点。综合研究成果表明该岩体从东南方向侵入。深部的空间分布范围比实际出

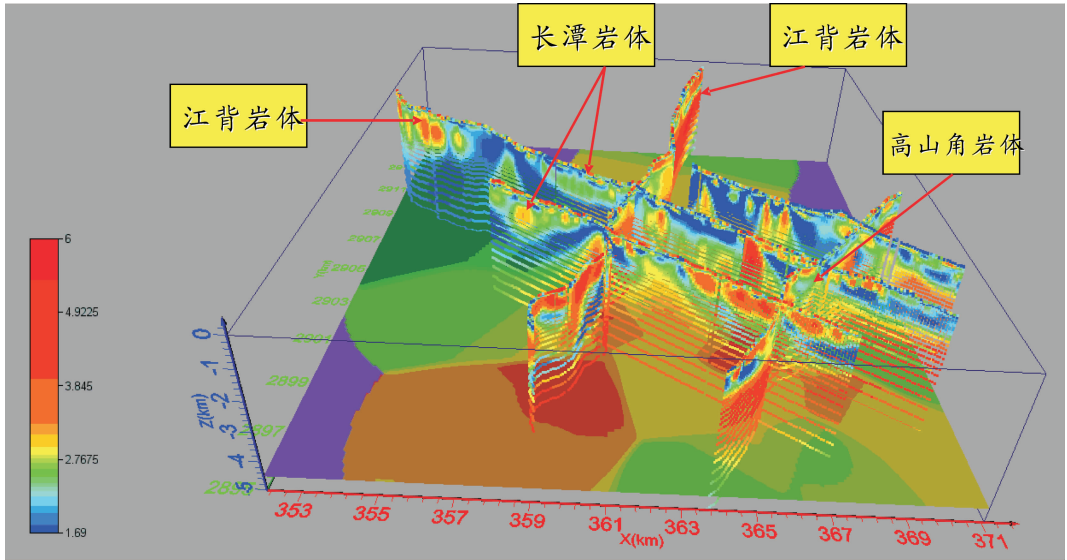


图 5a 银坑示范区 AMT 探测立体效果图
 Fig.5a Stereo graph of ATM survey result in Yinkeng area

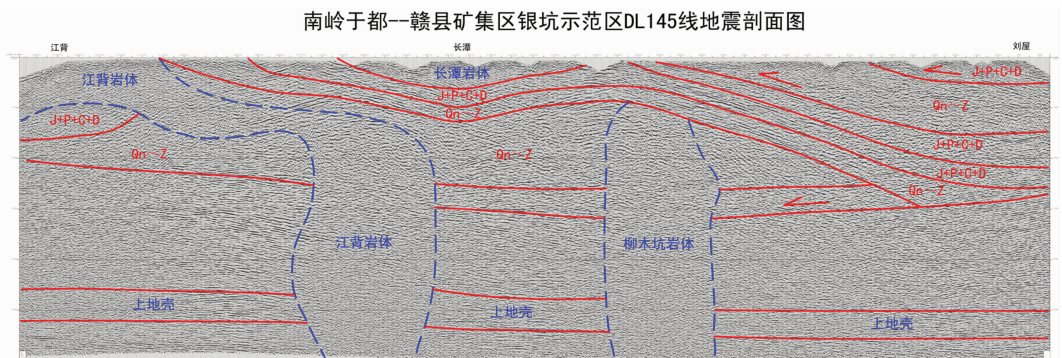


图 5b 145 线散射成像处理时间剖面解释图
 Fig.5b Interpretation figures of seismic reflection with scattering imaging-time profile

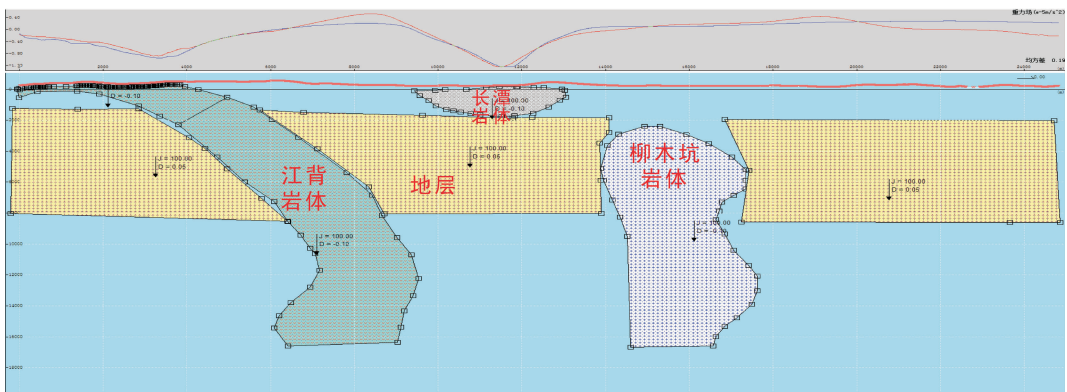


图 5c 银坑示范区 145 线重力正演断面图
 Fig.5c Forward sectional drawing with high precision gravity survey of Line 145, Yinkeng demonstration area

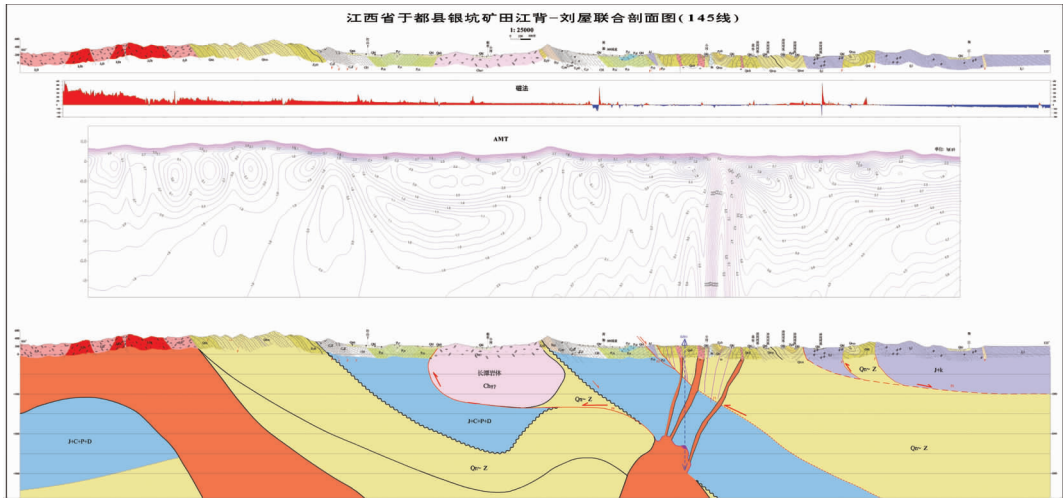


图 6 银坑示范区联合剖面及 3000m 科学钻探选址

Fig.6 Interpretation model of combined profile survey data and site selection of Nanling scientific drilling (SP-NLSD-1,3000m) in Yinkeng demonstration area

露的范围大的多,在岩体的东南方向深部有隐伏岩体存在。

(4)“柳木坑”岩体:该隐伏岩体在 145 线的窝脑—小河一带,具有低密度和较高磁性特征。从磁性分析与江背岩体相似,几个矿区均密集分布在该岩体的顶部,矿产的分布与该岩体可能有密切关系。

6 南岭银坑科学钻探选址 (SP-NLSD-1)

6.1 孔位的确定

为了进一步探索华南地区及南岭—武夷成矿带涉及的主要科学问题,在地层、构造、岩浆岩、矿床学和地球物理立体探测综合研究成果基础上,选择南岭东段银坑矿田开展我国金属矿集区内首个科学钻探工程。银坑地区地处南岭和武夷两大成矿带交汇斜接部位、构造位置特殊、成矿条件有利;区内古生代盆地中推覆构造及其次生裂隙控制着区内贵多金属矿体,盆地外围发育与燕山期黑云母花岗岩相关的钨多金属优势矿产;两类矿床在同一矿田内紧密共生,且分别与燕山期的花岗闪长岩和黑云母花岗岩成因上密切相关。该区的 N-E 向线形构造和推覆构造控矿、中酸性—酸性岩浆组合、中高温—中低温成矿元素组合等控矿要素和地质问题,在赣南乃至整个华南地区都具有典型性和特殊性。

在地质地球物理综合探测成果基础上,矿田内

部隐伏岩体预测位置再布测 12 km² 的 1:2.5 万高精度重力测量,进一步确定孔位。通过前期研究成果集成和专家研讨,孔位最终定于面上牛形坝—柳木坑的矿化中心与柳木坑隐伏岩体顶部的有利位置(如图 6)。2011 年 6 月 25 日银坑 3000 m 科学钻探正式开钻,取名中国深部探测南岭科学钻探一孔,代号为 SP-NLSD-1。目前钻探工作顺利实施。

6.2 南岭银坑科学钻探工作重点锁定三项科学目标

(1)南岭成矿带与武夷成矿带成矿作用的深部动力学信息

(2)二层结构的成矿作用问题

① 矿田内中高温钨多金属矿床与中低温金银铅锌贵金属矿床的成因关系

② 矿集区成矿构造和控矿构造问题

③ 岩浆活动与成矿作用问题

(3)总结深部探测方法和钻探工程工艺,为万米科学钻探选址提供依据

6.3 SP-NLSD-1 预期目标(图 7)

(1)1000 m 范围内穿过推覆构造(F1),即穿过基底岩系及赋存于基底岩系中的牛形坝式贵多金属矿;

(2)1500~2000 m 可能出现深部成矿岩体在浅部的矿化组合;

(3)2500 m 之下将进入推测的隐伏岩体,分别出现近岩体与岩体内接触带矿化组合;

(4)深部成矿的两种可能:

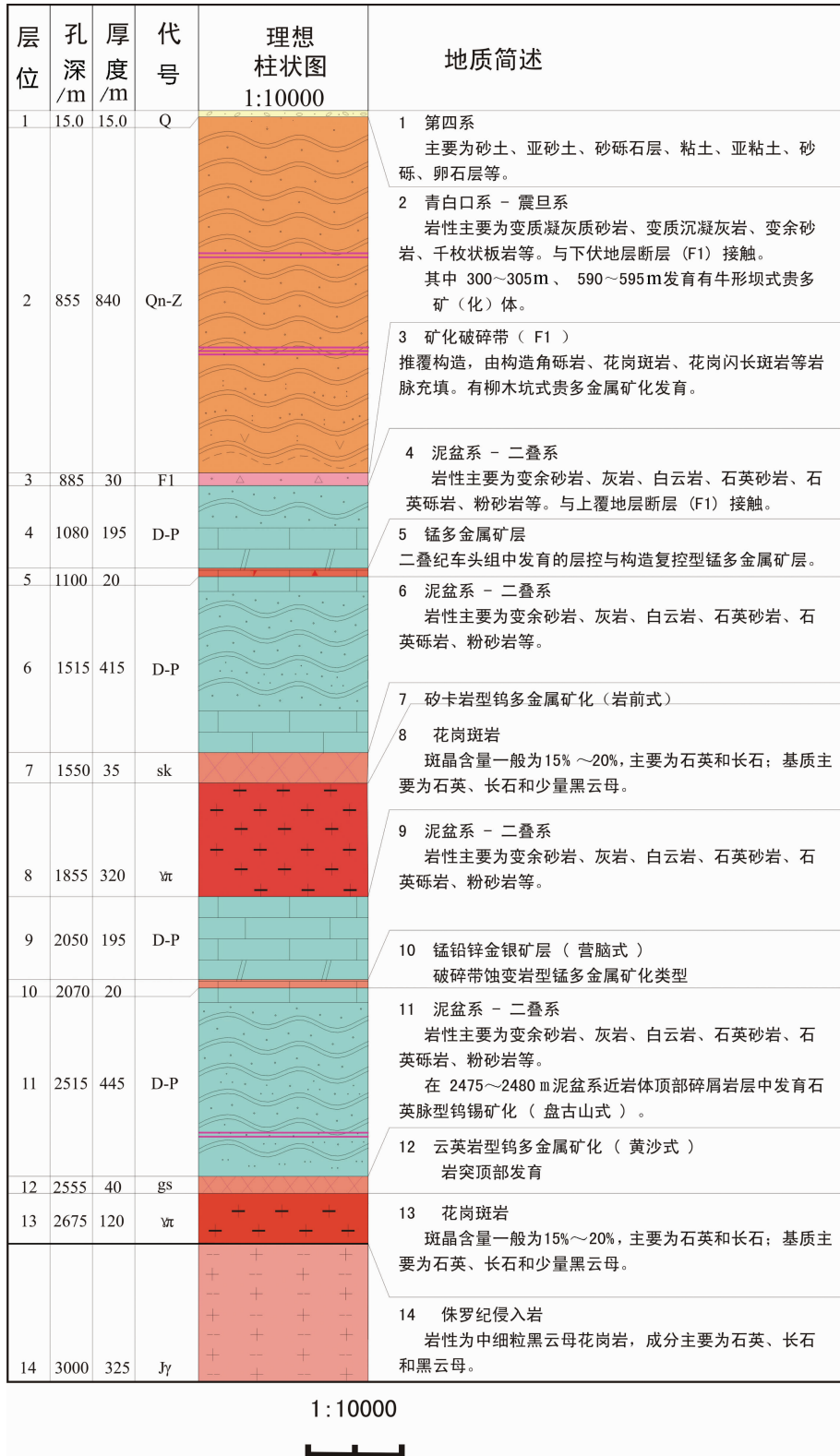


图 7 SP-NLSD-1 理想柱状图
Fig.7 Predictive histogram (SP-NLSD-1)

①受岩脉与高山角岩株在深部汇合控制,浅部只是斑岩型矿床的上部脉状矿体部分,下部近岩体部位存在斑岩型铜金矿体;

②浅部的脉状矿体是受与高山角隐伏中酸性岩体控制,深部存在类似于江背的成钨岩体,构成上部中低温、下部高温的二层成矿体系。

参考文献 (References):

- [1] 许志琴. 中国大陆科学钻探工程的科学目标及初步成果 [J]. 岩石学报, 2004 (1):1-8.
Xu Zhiqin. The scientific goals and investigation progresses of the Chinese Continental Scientific Drilling Project [J]. Acta Petrologica Sinica, 20(1):1-8(in Chinese with English abstract).
- [2] 陈毓川, 裴荣富, 张宏良, 等. 南岭地区与中生代花岗岩类有关的有色及稀有金属矿床地质[M]. 北京:地质出版社, 1989:1-508.
Chen Yuchuan, Pei Rongfu, Zhang Hongliang, et al. The Geology of Non-ferrous and Rare Metal Deposits Related to Mesozoic Granitoids in Nanling Rregions [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1989: 1-508(in Chinese).
- [3] 华仁民, 陈培荣, 张文兰, 等. 南岭与中生代花岗岩类有关的成矿作用及其大地构造背景 [J]. 高校地质学报, 2005, 11 (003):291-304.
Hua Renmin, Chen Peirong, Zhang Wenlan, et al. Metallogenesis and their geodynamic settings related to Mesozoic granitoids in the Nanling Range [J]. Geological Journal of China Universities, 2005, 11(003):291-304(in Chinese with English abstract).
- [4] 王登红, 陈毓川, 陈郑辉, 等. 南岭地区矿产资源形势分析和找矿方向研究[J]. 地质学报, 2007, 81(7):882-890.
Wang Denghong, Chen Yuchuan, Chen Zhenghui, et al. Assessment on Mineral resource in Nanling Region and suggestion for further prospecting[J]. Acta Geological Sinica, 2007, 81(7):882-890(in Chinese with English abstract).
- [5] 朱金初, 陈骏, 王汝成, 等. 南岭中西段燕山早期北东向含锡钨 A 型花岗岩带[J]. 高校地质学报, 2008,14(4):474-484.
Zhu Jinchu, Chen Jun, Wang Ruchen, et al. Early Yanshanian NE Trending Sn/W-Bearing A-type granites in the Western-Middle Part of the Nanling Mts Region [J]. Geological Journal of China Universities, 2008, 14 (4):474-484 (in Chinese with English abstract).
- [6] 陈毓川. 矿床的成矿系列[J]. 地学前缘, 1994 (3):34-40.
Chen Yuchuan. Metallogenic series of ore deposits[J]. Earth Science Frontiers, 1994 (3):34-40(in Chinese with English abstract).
- [7] 陈毓川, 裴荣富, 王登红. 三论矿床的成矿系列问题[J]. 地质学报, 2006 (10):1501-1508.
Chen Yuchuan, Pei Rongfu, Wang Denghong. On minerogenetic (metallogenetic) series: Third discussion [J]. Acta Geological Sinica, 2006 (10):1501-1508(in Chinese with English abstract).
- [8] 王登红, 唐菊兴, 应力娟, 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), 2010 (4): 733-738.
Wang Denghong, Tang Juxing, Ying Lijuan, et al. Application of “Five levels+Basement” model for prospecting deposits into depth[J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition), 2010 (4):733-738 (in Chinese with English abstract).
- [9] 毛景文, 谢桂青, 郭春丽, 等. 南岭地区大规模钨锡多金属成矿作用: 成矿时限及地球动力学背景[J]. 岩石学报, 2007 (10):2329-2338.
Mao Jingwen, Xie Guiqing, Guo Chunli, et al. Large-scale tungsten-tin mineralization in the Nanling region South China: Metallogenic ages and corresponding geodynamic processes [J]. Acta Petrologica Sinica,23 (10):2329-2338 (in Chinese with English abstract).
- [10] 陈毓川, 王登红. 华南地区中生代岩浆成矿作用的四大问题[J]. 大地构造与成矿学, 2012 (3):315-321.
Chen Yuchuan, Wang Denghong. Four main topics concerning the metallogeny related to Mesozoic magmatism in South China[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2012 (3):315-321 (in Chinese with English abstract).
- [11] 赵鹏大, 张寿庭, 陈建平. 危机矿山可接替资源预测评价若干问题探讨[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2004, 31(2):111-117.
Zhao Pengda, Zhang Shouting, Chen Jianping. Discussion on prediction and appraisal of replaceable resources of crisis mine [J]. Journal of Chengdu Universtiy technology (Science & Technology Edition), 2004, 31 (2):111-117 (in Chinese with English abstract).
- [12] 朱忠, 宋鸿林, 鲍洪均, 等. 江西于都-宁都一带印支期构造特征[J]. 东华理工学院学报, 2004, 27(2):153-157.
Zhu Zhong, Song Hongling, Bao Hongjun, et al. Structural characters of the Indosinian-stage in Yudu-Ningdu area, Jiangxi Province [J]. Journal of Eeast China Institute of Technology, 2004, 27(2):153-157(in Chinese with English abstract).
- [13] 吴新华, 于承涛. 赣中南地区晚元古代变质地层中的同位素年龄及其地质[J]. 江西地质, 2000,14(1):16-20.
Wu Xinhua, Yu Chengtao. Isotopic ages of the late Proterozoic metamorphic strata in central-south Jiangxi and their geological significance [J]. Jiangxi Geology, 2000, 14 (1):16-20 (in Chinese with English abstract).
- [14] 全鑫. 江西于都银坑银多金属矿田地质特征与找矿远景初步分析[J]. 江西地质, 1995, 9(4):259-266
Jin Gan. An analysis of the geological fearures and prospect of Yinkeng Ag polymetallica ore-field in Yudu county,Jiangxi [J]. Jiangxi Geology, 1995, 9 (4):259-266 (in Chinese with English abstract).
- [15] 施明兴, 高贵荣. 江西于都银坑矿田银金铅锌矿床地质特征[J]. 资源调查与环境, 2006, 27(2):164-172.
Shi Mingxing, Gao Guirong. Geological characteristics of Ag、Au、Pb and Zn deposits in Yinkeng ore field, Jiangxi [J]. Resources Survey & Environment, 2006, 27 (2):164-172 (in Chinese with English abstract).

- English abstract).
- [16] 叶景平, 徐贻赣. 江西于都老虎头锌、铅(银)矿床地质特征及其成因[J]. 江西地质, 1998, 12(1):42-47.
Ye Jingping, Xu Yigan. The geological characteristics and genesis of Laohutou Zn-Pb (Ag) deposit of Yudu, Jiangxi [J]. Jiangxi Geology, 1998, 12(1):42-47(in Chinese with English abstract).
- [17] 张家菁. 赣南东部银坑矿田控矿因素及找矿方向浅析[J]. 江西地质, 1997, 11(4):23-29.
Zhang Jiajing. A preliminary analysis on ore controlling factors in Yinkeng ore field and prospecting targets in eastern south Jiangxi[J]. Jiangxi Geology, 1997, 11(4):23-29(in Chinese with English abstract).
- [18] 高贵荣, 林长仔. 于都县银坑矿田 F1 断裂特征及其控矿作用[J]. 江西地质, 2000, 14(1):49-53.
Gao Guirong, Lin Changzai. Characteristics of F1 Fault in the Yinkeng orefield of Yudu County and its ore-controlling role [J]. Jiangxi Geology, 2000, 14(1):49-53(in Chinese with English abstract).
- [19] 高贵荣, 张勉斌. 江西省于都县银坑贵多金属矿田矿化特征, 成矿控制及找矿方向[J]. 火山地质与矿产, 1998, 19(4):347-356.
Gao Guirong, Zhang Mianbin. Mineralization characters, ore-controlling and ore-searching prospect in Yinkeng multimetal ore-field, Jiangxi Province [J]. 1998, 19 (4):347-356 (in Chinese with English abstract).
- [20] 赵正, 陈毓川, 陈郑辉, 等. 赣南银坑矿田高山角花岗闪长岩 SHRIMP U-Pb 定年及其与成矿的关系 [J]. 岩矿测试, 2012, (3): 536-542.
Zhao Zheng, Chen Yuchuan, Chen Zhenghui, et al. SHRIMP U-Pb dating of Gaoshanjiao granodiorite in Yinkeng ore-field of South Jiangxi region and its relations to mineralization[J]. Rock and mineral analysis, 2012, (3):536-542 (in Chinese with English abstract).
- [21] 赵正, 陈毓川, 曾载淋, 等. 南岭东段岩前钨矿床的地质特征及成岩成矿时代[J]. 吉林大学学报(地球科学版)2013, (待刊).
Zhao Zheng, Chen Yuchuan, Zeng Zailin, et al. Geological characteristics and rock forming and ore-forming ages of Yanqian Tungsten Deposit in east Nanling region [J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition),2013(in press).
- [22] 丰成友, 余宏权, 张德权, 等. 闽粤赣邻接区主要金属矿床成矿规律及找矿评价 [M]. 北京:地质出版社, 2009:1-304.
Feng Chengyou, She Hongquan, Zhang Dequan, et al. Studies of Metallogenic Rules and Assessment of Ore Prospecting in the Conjunction Area of Fujian, Guangdong and Jiangxi Provinces[M]. Beijing:Geological Publishing House, 2009:1-304(in Chinese).

Research on the site selection of Nanling Scientific Drilling-1

CHEN Yu-chuan¹, CHEN Zheng-hui¹, ZENG Zai-lin³, ZHAO Zheng², ZHAO Bin⁴,
WANG Deng-hong¹, ZHANG Yong-zhong³, LI Jian-guo⁴, ZHOU Xin-peng⁴, LI Jiang-dong³

(1. Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2. Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China;
3. Gannan Geological Party, JBED GMR, Ganzhou 341000, Jiangxi, China; 4. Geophysical-Geochemical Exploration Institute of Shanxi,
Yuncheng 044004, Shanxi, China)

Abstract: The Yinkeng ore field in Jiangxi Province is one of the first prior research targets of Sinoprobe-Deep Exploration in China, with the exploration of the ore-forming regularity of deep mineral resources as the main aim. Geological exploration profiling survey, geochemical survey, ore field structure, magmatism, typical ore deposits and integrated geophysical studies were conducted in this region. It is revealed that hypothermal W-polymetallic deposits and mesothermal Au-Ag-Cu-Pb-Zn polymetallic deposits characterized by metallogenic zoning are existent in 2D space. According to the study of ore-forming regularity of magmatism and typical deposits, the authors hold that the two types of ore deposits are temporally, spatially, and genetically closely associated with the two series of magmatic activities at the early stage of Yanshanian period. Accurate rock-forming and mineralization chronology framework was established, which suggests that the two types of deposits have space-time relationship. By using high-accuracy gravity and magnetic area survey and the detection methods of major cross-sections such as ground magnetic survey, seismic reflection, and CSAMT/AMT, the authors carried out comprehensive geophysical detection research, and primarily determined the deep structure of strata-rock body-structure. The results obtained by the authors provide the scientific basis for the site selection of Nanling scientific drilling (SP-NLSD-1) (Fig.2). Furthermore, it is revealed that dual-layer structure of mineralization may be exist in the Yinkeng ore field, which contributes to the further research on the ore-forming regularity of Nanling region in 4D time-space.

Key words: Yinkeng ore field; deep exploration; scientific drilling; ore-forming regularity

About the first author: CHEN Yu-chuan, male, born in 1934, academician, engages in the study of mineral deposits.