

# 云南物探化探方法

□ 王宝禄 周耀军



## 在找矿中的应用与效果

云南省国土面积 39.4 万平方公里,地处云贵高原,山区面积约占 95%,地形切割强烈,多数地区交通不便,岩溶分布面积约 11 万平方公里,水系植被发育地质找矿必须走适合云南特点的路子。云南局在实际工作中以地质理论为基础合理应用物化探方法,取得了明显的地质找矿效果,本文就云南物化探工作及找矿中的典型实例作一概略介绍。

### 一、云南物化探工作概况

#### (一)区域物化探

1:50~1:100 万重力测量已覆盖全省。重要成矿区带 1:20 万重力完成 14.1 万平方公里,占全省面积的 35.8%。

1:20~1:100 万航空磁测完成 31 万平方公里,占全省面积的 78.7%。特别困难的地区尚属空白。基本比例尺 1:20 万,边缘区为 1:100

万,重要成矿区带 1:2.5 万。

1:20 万水系沉积物测量已覆盖全省,获 39 种元素计 400 万个化探数据。

1:50~1:100 万全省区域物化探系列图件已分阶段编制。

区域物化探提交的综合成果及圈定的数千处异常,为云南地质研究和找矿工作等提供了重要的基础资料和信息。

#### (二)矿带、矿区物化探

围绕“三江”、滇中、昭通、滇东南主要成矿区带及矿区,主攻铜、铁、锡、钨、铂、钼、金、银、铅、锌等重要矿产,布置了物化探普查数万平方公里,比例尺以 1:5 万为主,重要矿区及外围开展了 1:1 万或更大比例尺详查。

#### (三)物化探方法找矿效果

1.1980 年以前物化探在铁铜、钨锡、铂钼、岩(钾)盐等

矿产找矿效果突出。

航磁发现大红山铁铜矿,并在滇中、滇南、滇西铁矿带开展了大量地面磁测和化探普查,在温泉、惠民、滇滩等铁矿评价中发挥了重要作用。根据物探异常控制和探明铁矿储量约占全省总储量的一半以上,其中大红山铁铜矿铁矿储量占全省储量的 19%,铜占 12%。

航磁和地面磁测发现金宝山铂钯矿床,其铂、钯储量占全省储量的 62%;同时为朱布、安益等铂矿普查提供了重要依据。

电法和磁法在发现白马寨中型硫化铜镍矿床中起到关键作用。依据物化探异常探明的硫化铜镍矿占全省总储量的 2/3 以上。

重力、电测深配合发现和评价勐野井岩(钾)盐矿床后,在整董、文卡、磨歇、者北、安宁、石羊等岩(钾)盐、芒硝找矿和评价中起到先导作用。

以化探普查为主,辅以磁测、激电在阿莫、薏坝地、铁窑山、上山寨等锡矿勘查中提供重要的找矿依据,或在矿区外围发现新矿体。

2.1980 年以后区域化探、矿带物、化探在找金及有色金属矿中成效显著。

全省共圈定综合异常 2000 余处,迄今三级查证约占 30%,二级占 1.5%,发现近百处矿床、矿化点和重要找

矿线索。先后被列为部控重点项目 4 项,局管项目 4 项,省扶贫项目 7 项,达到新发现矿产地的 14 处,其中金矿 9 处,储量计 20 吨以上;银矿 2 处,控制储量 2500 余吨;铜矿 3 处,控制储量 30 余万吨。省内岩金矿几乎全为查证化探异常所发现,且大部分已进入开发,配合部、局重点普查项目开展了矿区及外围物化探工作,为矿区工作部署及扩大远景提供了依据。

总之,物化探工作在寻找隐伏矿、难识别矿、有色金属矿和扩大矿区远景等方面都取得突出的找矿效果。

## 二、物化探方法的应用及找矿效果实例

### (一) 探测隐伏矿

#### 1. 大红山铁铜矿

位于滇中中台陷南端,红河断裂北东侧。含矿地层为元古界大红山群海相火山喷发—沉积变质岩系。

航磁发现大红山异常,形态规则,范围 300 余平方公里,强度大,极大值 500nT,正负伴生。经踏勘检查地表仅见两层厚 1~6 米的磁铁矿露头,物性测定:磁铁矿磁化率(K)常见值  $83000 \times 10^{-6} 4\pi SI$ ,剩磁(Jr)  $53000 \times 10^{-3} A/M$ ;含矿岩系变纳质火山岩磁性次之,磁化率 9700,剩磁 7300(单位同上);盖层三叠系、侏罗系磁性近于零,物性差异明

显。据此,在航磁异常内布置了 1:5 万地面磁测,中心地段又进行了 1:1 万磁测详查,其异常强度达 6000nT,并明显分为两级异常,1500nT 以下异常呈东西向,推测为基性火山岩引起,1500nT 以上异常呈北西向,可能为隐伏铁矿引起。

根据物探成果,在异常中心布置验证孔,0~99 米见五层厚 0.5~3 米的薄矿层,99~450 米无矿,与异常强度不符。经进一步研究认为,异常应细分为三级,分别由地表和浅部磁铁矿、隐伏矿体以及磁性火山岩引起,推断 540 米以下尚存在厚约 150 米的铁矿层,遂加深钻进,终于在 590 米见矿,直至 903 米才穿透矿层,证实了物探推断结果。

经勘探,探明了一个大型铁矿床,储量 7.09 亿吨(其中表外 2.85 亿吨);一个大型铜矿床,储量 135 万吨(其中表外 15.46 万吨)。

#### 2. 勐野井钾盐矿

位于兰坪—思茅中、新生界盆地东南隅的江城含盐带,含盐地层为下第三系勐野井组( $E_1me$ ),矿区为一北西—南东向复向斜,面积 25 万平方公里。

早期主要进行地表地质调查,物探以电剖面法圈定泥砾层,但不能解决深部是否有岩盐的问题。经物性测定:岩(钾)盐密度低,电阻率高,与

围岩差异大,具有应用重力和电法的良好物性条件,但新生界和泥砾层密度低,是重力探盐的干扰因素,却又是电法探测岩(钾)盐埋藏深度的前提。钾盐层厚度小、层次多,重力、电法不能划分岩盐矿体内的钾盐层,进行综合物探方法试验后选择重力法圈定岩(钾)盐矿体,异常区布置电测深探测矿体埋深,两种方法密切配合取得了探盐找钾突出的成效。

1:2.5万重力圈定一个范围大(10平方公里)、强度高( $-6 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ )的重力负异常,落在次级背斜轴部。然而担心由分布于轴部的新生界松散层引起,因此钻孔集中布在其南部次级向斜,所见岩盐层厚度仅几十米,与重力异常低缓是一致的。但异常中心电测深推断低阻松散层厚仅30米左右,不足以引起如此之大的重力负异常。综合分析认为次级背斜轴部应存在巨大的隐伏岩(钾)盐矿体,重力结合电测深成果对岩盐矿体空间形态进行了解释,推断次级背斜矿层厚度可达300米以上,到次级向斜急剧减薄,后在背斜轴部布钻孔孔见矿,最厚达500米。初勘施工18个孔,总进尺7873米。岩盐矿体分布面积小(3.5平方公里),厚度大(平均视厚度341米),品位高(平均70%),钾盐呈层状、透镜状产于岩盐层

中,分布面积2.8平方公里,平均品位5.2~12.3%,层次多。探明岩盐储量11.5亿吨,钾盐储量1436万吨。物探推断岩盐储量与勘探结果仅相差4.3%。

矿区外围物探推断无岩(钾)盐的地段,所施工深孔均未见矿。

## (二)寻找难识别矿

### 1. 金宝山铂、钯矿

位于扬子准地台滇中中台陷南西部,与三江褶皱系结合部位,红河深断裂北东侧。主要构造为北西向金宝山背斜,核部出露泥盆系碳酸盐岩夹碎屑岩,两翼依次为下三叠统薄层灰岩、泥质灰岩,上三叠统碎屑岩、灰岩。基性岩、超基性岩,沿背斜轴侵入于泥盆系。

航空物探发现金宝山航磁异常,首先由地质、磁测、路线踏勘,发现超基性岩体,并推断有隐伏岩体存在。经典型物探剖面 and 进一步地质工作发现赋存于铁质超基性岩体中的铂钯矿。

为配合矿床评价,先后开展了1:5万、1:1万中精度磁测、土壤测量综合物化探详查,以及重力剖面工作。详细圈定了强度200~400nT,长12公里,宽4公里地磁异常,异常分两级,强度较大的局部异常多由出露地表的超基性岩体引起,低缓异常则由隐伏岩体引起,推断埋深1200米,

宽近3000米。

化探圈定了Cr、Ni、Co、Cu、V、Ti等元素组合异常,其浓集中心清晰,元素含量高,相互套合好。超基性岩体Cr、Ni高,而基性岩体V、Ti高;以此区别岩体的性质。含矿岩体Cu、Ni元素相对较低,根据这一特征指示含矿岩体的存在。

综合物化探成果圈定了岩体范围,推断了岩体空间形态,指出了含矿远景地段。根据地质规律结合物化探成果进行了矿区详细评价,钻探证实了物探的推断,查明了铂钯矿体的分布和规模。

矿区共发现评价了5个矿群,80个矿体,主矿体呈似层状产出,长800~2125米,宽300~730米,平均厚6.0~9.1米,最厚39米,平均品位(Pt+Pd)1.11~1.7g/t,储量45吨,为一大型硫化物型铂钯矿,属晚期岩浆期后—热液型矿床。

### 2. 小水井金矿

地处滇中中台陷南西部,红河深断裂北东侧。出露地层主要为上三叠统云南驿组灰色、黄灰色泥晶含砂屑灰岩,夹生物碎屑钙质细砂砾岩、长石石英砂岩,上覆深灰色水云母泥岩。总体为向北东倾的单斜层,主要断层为北北西向,与地层走向一致,另一组为横向断层,沿断层有正长斑岩小岩体侵入。

1:20 万区域化探圈定小水井异常,以 Au、Sb、As、Ag、Cd 元素为主,套合较好,次为 Cu、Hg,面积 20 平方公里。Au 极大值  $229.17 \times 10^{-9}$ ,平均  $89.8 \times 10^{-9}$ ,属“高、大、全”异常。

提取异常区单样做分析,Au 异常依然存在,含量增高,地质踏勘检查,在云南驿组中发现北北西向层间含微细粒金破碎带,随后布置 1:1 万土壤地球化学测量,圈定三个局部 Au 异常,面积分别为 0.8、2、0.6(平方公里),Au 最高含量分别为 220、1130、440( $10^{-9}$ ),进一步明确了找矿目标。

对主异常进行系统工程揭露并开展普查工作,已圈定 4 个金矿体,呈似层状产出,长 120~800 米,厚 3.12~33.81 米,矿床规模中型以上。

矿区外围官郎山、龙岗、大坎子等发现金矿(化)体,呈北北西向带状分布,展现了寻找微细粒型金矿的良好前景。为在滇中三叠系中开展该类型金矿普查工作拓宽了思路。

### 3. 水桥稀土矿

地处扬子准地台康滇地轴南段。出露下元古界荏林群(Pt<sub>1</sub>jl)片麻岩、片岩,北部和南部有侏罗系砂页岩分布。华力西期岩浆岩发育,岩体与荏林群接触普遍发生强烈的混

合岩化,形成一系列混合岩。基性、超基性岩体零星分布。

1:20 万区域化探圈定水桥异常,主要元素有 Zr、Nb、Y、U、La、Pb 等,伴生 Be、Cu、As、Zn、Ti、Cr 等元素,具有强度高、规模大、浓集中心明显、浓度分带清晰等特点。元素组合复杂,反映了多种成岩、成矿地质作用。

经异常查证认为:主要稀有金属成矿元素为 Zr 和 Nb,稀土金属成矿元素为 Y、La、Yb。加密水系沉积物圈定 Y+Yb+La 达工业品位异常面积 5.4 平方公里,平均含量 0.057%,最高 0.072%;Nb 异常 8.0 平方公里,平均含量 0.019%,最高 0.05%;岩石测量与之对应。

发现矿(化)体后经地质工作评价,证实矿体赋存于混合岩风化壳中,属风化壳离子吸附型稀土矿床。矿体呈面形分布,似层状产出,产状与地形坡度一致。异常内所有浅井见矿,矿体平均厚度 6.13 米,品位(稀土平均总量)0.129%,重稀土储量 2.967 万吨。铌矿体平均厚 15.9 米,Nb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 平均含量 0.035%,ZrO<sub>2</sub> 0.043%。矿体厚度变化小,品位均匀,大部分矿体裸露地表,易于开采。

### (三)有色金属矿找矿

#### 1. 白马寨硫化铜镍矿

位于哀牢山变质带与墨江—绿春褶皱带的结合部位,

北西向断裂发育,超镁铁岩体侵入于下奥陶统砂板岩中,岩相分带明显,内带为橄榄岩,是硫化铜镍矿的母岩,向外依次为橄辉岩、辉石岩、辉长岩等。

岩体和矿体磁性强,电阻率低,与围岩物性差异明显,是开展磁测和电法工作的良好条件。在地质发现白马寨铜镍矿点后,先后布置 1:2 万、1:2000 磁测、电法(自电、联剖、充电)、土壤测量等综合物化探工作,磁异常正负伴生,极大值+1100nT、负值-278nT,自电-330mv,联剖出现明显低阻交点;土壤测量 Cu、Ni、Co、Cr 组合异常,套合好含量高。经检查发现含矿隐伏岩体,矿体呈透镜状赋存于岩体的中底部,矿石类型为致密块状、海绵陨铁状、浸染状。主要矿物有磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿等。储量、品位分别为:镍 5.3 万吨、5~13%,铜 3.2 万吨、1.4%,钴 2900 吨、0.1~0.2%。其储量占矿区总储量的 97%,打开了白马寨硫化铜镍矿床的远景。

### 2. 三山铜银矿

位于兰坪—思茅拗陷带北部之兰坪盆地。主要断层走向北东,具逆冲性质,东盘为上三叠统碳酸盐岩、硅质岩和碎屑岩,西盘为下白垩统砂泥岩。

1:20 万区域化探圈定

Cu、Pb、Ag、Sr 等 10 多种元素组合异常,主元素含量高(Ag 最高大于  $1 \times 10^{-6}$ ),沿北东向断裂分布,展现了良好的找矿前景。

异常经地质工作发现铜、银、铅、锌矿体,赋存在断裂破碎带及两侧次级断裂中,钻孔在深部见到铜银矿体。

为扩大找矿,沿矿带完成了 1:5 万土壤测量,异常沿北东断裂带延伸 20 公里,规律性强,元素含量高,在北东方向发现新矿体。矿区 1994 年被列为部控重点项目。“三山”地区概算铜、铅锌储量达中型,银达大型规模。

#### (四)已知矿床扩大找矿

##### 1. 大平掌铜多金属矿

矿区位于兰坪—思茅拗陷带南部思茅中生代盆地,澜沧江深断裂东侧。出露一套上石炭统中酸性火山岩,东西两侧为中三叠统碎屑岩、碳酸盐岩,地层总体为倾向北东之单斜构造。南北有次火山岩体分布。

含矿岩系为一套火山—沉积岩,块状、稠密浸染矿主要赋存于斜长流纹岩中,顶板为凝灰岩、含凝灰质硅质岩,其下为脉状、浸染状矿石,局部见隐爆角砾状矿石。

矿区 1995 年发现并开展普查,1997 年列为部控重点项目。为扩大找矿,配合开展了激电、自电、磁法等综合物探方法试验,物性测定及试验

结果表明,铜多金属矿体极化率是围岩的 10 倍,激电异常最高达 35%,一般 20%左右, >10% 的异常可反映矿体。最后选择激发极化法布置 1:1 万面积测量,圈定 7 处激电异常,异常内布置钻孔均见到工业矿体,视厚度 0.65~35.4 米, Cu 平均品位 0.31~3.03%。矿床规模已达中型。

##### 2. 老王寨金矿

金矿田位于扬子准地台与三江褶皱系结合部位南西侧哀牢山浅变质带。出露上泥盆统砂板岩、泥质灰岩,石炭系碎屑岩、硅质岩、火山岩和铁镁质岩、超铁镁质岩,形成蛇绿杂岩带,上三叠统泥岩、砂岩不整合其上。前两者是金矿赋存层位。中酸性岩、基性岩脉广泛分布。金矿总体受北西向切剪切带控制,属构造蚀变岩型金矿。

根据成矿地质条件和矿区北部的重砂金异常,地表工程揭露发现产于超基性岩外接触带的两个金矿体。为扩大找矿布置了 3 平方公里 1:5000 土壤测量和磁测,圈定老王寨 Au、As 元素组合异常,面积 0.4 平方公里,浓集中心清晰,含量高, Au 内带 900 ( $10^{-9}$ ),最高 1000 ( $10^{-9}$ )。根据异常查证结果开展普查找矿发现矿田规模最大的两个矿体,使之一跃成为中型。随后获得 1:20 万化探新成果,以 Au 为主的综合异常沿浅变

质带呈北西向串珠状分布,老王寨异常最为醒目,除 Au、W、As、Sb、Hg、Mo 外,尚伴生 Cr、Ni、Bi、Mn、Cu 等元素。接着在该异常区布置了 31 平方公里 1:1 万土壤测量,分解为 67 个局部异常,围绕异常布置金矿勘查,有约 60 个异常发现金矿体。经详查和勘探评价了老王寨、东瓜林、浪泥塘、搭桥箐、比福山、库独木等大、中、小型金矿床,总储量 100 余吨,成为省内最大的金矿田。

### 三、几点体会

(一) 正确选择有效物化探方法,是提高找矿效果的前提

1. 根据物性条件选择物探方法。不同的地质体(地层、构造岩、岩浆岩、矿体等)有着不同或相似的物性特征,物探能获得反映地质体的各类异常(找矿信息),但异常又往往与地质体规模、产出状态、埋藏以及地形、地下水等条件密切相关,因此正确选择有效的物探方法才能提高找矿效果。

通常有(黑)色金属矿采用磁法、电法等一般能起到直接或间接找矿的效果,如应用磁法找铁铜矿、铂钯矿,电法找硫化铜镍矿、铜多金属矿等效果均较明显,而重力则侧重间接找矿。岩(钾)盐矿密度、电性条件好,重力圈定隐伏矿体的规模、空间形态,电测深

探测顶板埋藏深度其综合方法找矿效果极佳。

2. 根据地球化学景观, 选择合理化探方法。水系沉积物测量、土壤测量, 配以岩石测量寻找近地表的有色金属矿、贵金属矿、稀有、分散元素矿床等, 一般都可提供直接找矿信息。特别是土壤测量, 配以岩石(蚀变岩、构造岩、矿化岩等) 测量, 可直接发现矿体并预测找矿远景。但有的矿种或地区找矿存在局限性, 如玄武岩分布区 Cu 高背景对找铜的干扰, 砂岩型铜矿 Cu 异常微弱, 都难以 Cu 元素确定靶区, 须运用其指示元素; 当矿体被覆盖或因地球化学条件的原因, 化探异常减弱, 却不能排除找大矿的可能, 须结合成矿地质条件, 认真研究低缓异常。

3. 根据物性条件及景观地球化学特征选择综合物化探方法。如金宝山铂、钯矿、白马寨铜、镍矿, 物化探方法的配合取得了极好找矿效果。

(二) 遵循合理工作程序, 是加速探矿工作进程的必要条件

物化探找矿是由各类信息到发现、评价矿床的过程, 只有遵循由面到点, 由表及里, 由已知到未知, 合理的工作程序, 才能加速探矿工作进程, 获得较好的找矿效果。

#### 1. 物探

一般工作程序为: 岩(矿)

石物性测定—方法试验—优选方法或方法组合—施工获得异常—解释—验证—再解释—再验证—地质勘查评价。或由已知到未知进行验证。如大红山铁铜矿、勐野井岩(钾)盐矿、大平掌铜矿的评价等按此工作和程序均取得很好效果。

#### 2. 化探

应遵循: 1: 20 万化探异常—单样分析—加密水系沉积物取样或布置 1: 5 万土壤测量, 分解异常, 缩小找矿靶区—进行地质追索采取岩石样(发现矿化或矿体)—开展异常区 1: 1 万土壤测量或剖面测量—进行工程揭露的程序。此工作程序适合云南特点, 并在找矿工作, 特别是找金工作中取得明显成效。1: 20 万异常内直接布置工程揭露往往收效甚微。

(三) 物化探与地质密切结合是取得找矿重大突破的关键

物化探工作的目的是找矿, 而物化探成果, 特别是物探成果往往具有多解性, 因此必须深入研究异常区内地层、构造、岩浆岩特征, 分析可能的赋矿层位、含矿构造蚀变带, 矿化类型、矿化特征等, 合理解释异常。采用行之有效的勘查手段对物探异常进行验证; 采用路线地质、工程揭露为主进行化探异常查证。总之应采取物化探人员与地质人

员相结合, 物化探方法与地质手段相结合; 物化探解释与地质理论相结合, 才能收到事半功倍的效果。

(四) 新一轮地质大调查中, 加强中、大比例尺物化探工作势在必行

物化探作为重要的探矿手段, 数十年来在云南地质找矿中发挥了不可替代的作用, 发现了一批矿床, 扩大了已知矿床规模, 取得了十分可喜的地质找矿成果。随着国民经济发展对矿产资源的需求与日俱增和找矿难度越来越大, 必须采用新理论、新技术、新方法以寻找隐伏矿, 难识别矿(包括新类型矿)。因此, 在重要成矿区带及矿区加强面积性中大比例尺, 特别是大比例尺物化探工作是十分必要的。

本文资料来自云南地勘局地质队、专业队成果报告、专题总结等, 在此一并致谢。

(云南地勘局)

