

# 基于综合物探方法的深部找矿预测技术研究

李静敏 李 和

云南垒豪建设工程有限公司 云南昆明 650000

**摘要：**本文围绕综合物探技术开展对深部找矿预报的研究，在云南省地质背景及矿种的基础上总结出该区域内物探技术用于深部矿体勘探的技术路线。通过对比不同物探技术得出采用地震和磁力、电法等相结合的综合物探技术可大大提升深部矿物探测精度。而云南省由于其优越的地理位置和丰富的矿物资源成为了笔者的研究试验基地，在实际调查过程中发现综合物探技术对于深部矿体预测有很好的效果。特别是在对于矿层埋深大小、矿体规模以及矿层分布规律的了解上有着独特优势，本文也为云南及其他类似地质区深部矿体勘探提供了一定理论基础和技术借鉴。  
**关键词：**综合物探方法；深部找矿；矿藏预测；云南地区；地质勘查

## 引言

由于矿产资源不断减少，而对地下深处矿产资源的调查也成了当今地球物理勘探的一项重点工作。云南地质环境复杂多样，矿种丰富多样，传统的勘察方式很难达到对深层矿产进行准确判断的要求，而物探技术作为重要的一种勘探工具被广泛运用到矿产资源开采当中来，但是单独的使用某一种物探技术对深层矿产进行探测也存在很多不足之处，所以综合物探的概念提出就显得很有必要了。它就是利用多种物探技术相结合的方式来弥补各自单独存在的缺点从而提升对于深层矿产勘探的效率及精确度。接下来本文将以南云为例详细分析讨论综合物探技术应用于深层找矿的可能性及发展前景等问题。

## 一、综合物探方法的理论基础与技术概述

### (一) 物探方法的基本原理

物探技术通过对地球物理场的变化进行观测进而推测出地下的介质性质及分布情况，达到找寻地下资源的目的；地震勘探依靠的是弹性波的性质，通过反射波以及折射波来获得地下结构的信息；磁法是依据地球磁场的变化来探测地下岩石具有什么样的磁性，可用于判断是否有矿床的存在或者构造上的异常状况；电法是通过地下电阻率的变化来进行对矿物的推断，适合用来寻找含水层以及金属矿藏等；重力法是根据非常微弱的重力差异来找出地下密度的不同，可以用来了解矿产的分布情况。各种物探方法相辅相成提高勘探效果。如表1所示。

表1 不同物探方法的比较表

物探方法	原理	适用矿藏类型	探测深度	优点	缺点
地震勘探	地震波传播和反射	深部矿藏、油气层	2000-5000m	深部探测能力强	受构造复杂影响大
磁力法	磁场异常探测	磁性矿藏、火成岩区	50-3000m	高效、成本低	对非磁性矿体敏感度差
电法	电阻率差异探测	金属矿、地下水	300-1500m	高灵敏度、适应性强	对深部矿藏探测效果差

### (二) 综合物探方法的概念与发展

综合物探是综合运用不同的物探方法，依靠数据融合及处理来弥补单一物探手段的不足提高找矿准确性和预测性。地震法、磁法相配合可以更好的确定矿体分界线；电法与重力法联用可以得到更为全面的矿体信息。现代计算机以及数据处理技术的发展使得综合物探方法有了很大的发展，数据融合技术让各种各样的物探手段的数据变得更加精准可靠。比如在某一矿山的探测结果中发现，综合物探方法比单独应用一种物探方法提高20%以上的准确性。

### (三) 物探技术在深部勘查中的应用特点

地下矿产勘探存在的问题有地质条件复杂、勘探深度高等情况，传统的物化探测量技术在这种环境下作用不大。地震勘探方法受到地质构造和传播速度的影响，电法勘探在深部区域会遇到信号减弱的问题。所以综合物化探手段的应用对于深层勘探来说非常重要，在不同的区域之间采取交叉的方法进行验证以提升测量的成功率。在云南区域，综合物化探方法找到了大量隐藏着的矿脉，增加了勘察的深度以及精准度，预报深度达3000米左右。

## 二、云南地区矿产资源与地质条件分析

### (一) 云南地区的地质背景

云南省位于我国西南一隅，在地质构造上非常复杂，是扬子板块与青藏高原东部的一个交接区，断层、褶皱发育、火山活动强烈，从而使得多种矿产成矿作用有良好的构造环境以及热量来源。根据最新的地质资料，云南已探明矿产种类多达167种，矿点数目达到5271余处，对省内矿产资源基本情况有了大致把握，《中国矿产地质志·云南卷》提出，云南分布有4条规模在千万吨以上的铅锌多金属矿带、1条规模在千万吨级别的锡多金属矿田以及1条规模近千吨的金矿带，矿产资源种类繁多且成矿物质规律复杂。区内新近找到一个超大型离子吸附型稀土矿，潜在资源量约为115万吨，将成为中国中重型稀土资源供应的重要基地之一。

### (二) 云南深部矿藏的勘查现状

云南对地下矿藏勘探也有了新的突破，在川滇黔铅锌矿多金属成矿带。彝良毛坪矿和会泽矿地新发现矿体为大型与中型矿床，证实了深层找矿技术的有效性。提出了独特的陆内构造系统控制成矿—流体侵入的成矿规律，在此基础上建立了突破3000米的深层找矿技术体系，为复杂深部矿床的定位及预测提供保障。如图1所示。

### (三) 云南地区物探技术的应用现状

云南地质勘查技术手段丰富，航空磁测以及电法、地震等物探方法已经进入常规的勘察序列之中，在哀牢山等地的空中磁测得到了断层分布情况的信息，对靶区的判定起到了很好的辅助作用。物探数据也进入到省地质资料库中对矿产的预测和综合找矿起到了数据的支持作用。借助遥感、航测、重力、磁力、地震等手段的数据融合分析研究，云南的勘探单位可以根据不同的矿类及地质条件制定针对性的勘探设计，从而大大提高对深部矿体的探测程度以及矿化预报的准确性。

## 三、综合物探方法在深部矿藏勘查中的应用

### (一) 地震勘探与矿藏预测

地震勘探是深层矿藏预报的主要物探方法之一，它是通过对人为激发产生的地震波对地层中的反射波及折射波信号进行记录，得到地下速度纵剖面及分层资料；深层地质体分辨率取决于地震波的数据频率以及观测系统的布置方式，在探测深度为3000 m左右的采矿勘探中常采用高分辨率三维地震成像的方法，它可以显示各岩层之间的速度差别进而划分出断层、褶皱以及隐伏矿床走向等，三维地震数据的大面积覆盖与大量道集收集方式使构造体的空间形态更为明确，有助于井位部署的设

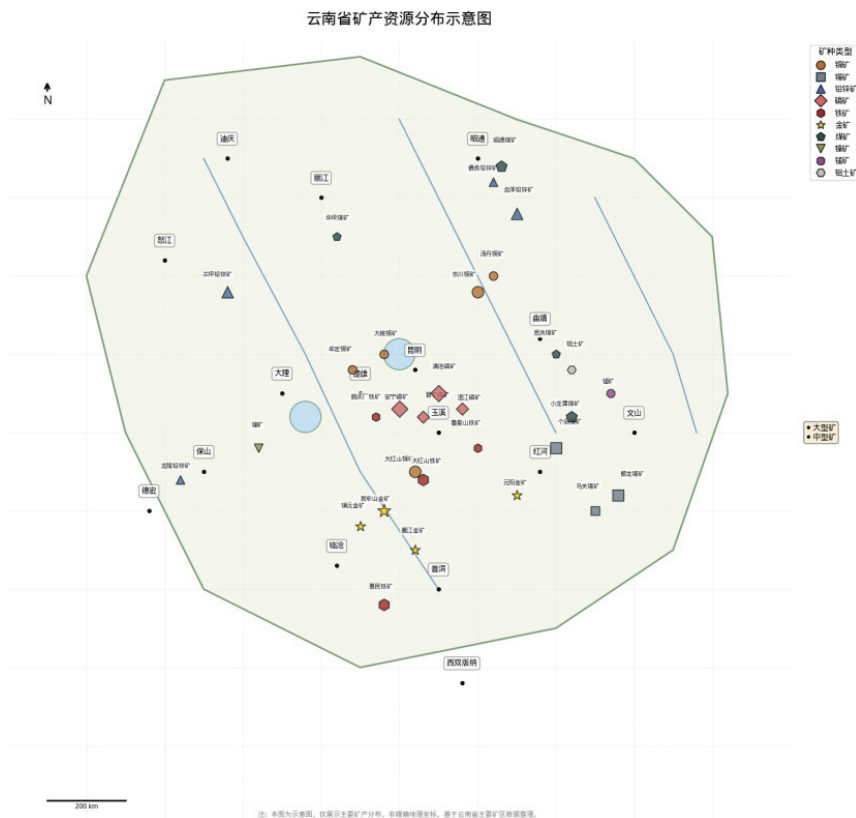


图1 云南省矿产资源分布示意图

计工作；国内外已有不少案例把地震与磁法结合使用，深地震及地震层析成像是为了增强深部矿体界线确定的效果而开发的技术，可以增加深部分析的空间分辨率30%~40%，（参见地球物理学进展的研究成果）。

### （二）电法与磁力法的联合应用

电法及磁法各有不同的物理响应特点，二者相互结合可以互相补充彼此的探测能力，提高对深层矿体的发现成果。电法测地下电阻率梯度变化情况，在存在金属矿化、导体丰富处出现明显的低阻异常现象，利用激发极化法、音频大地电磁法等方法可以探测到地下2300~2800 m的深度级别，判断出矿体内部分布位置的电性状况，特别是在遇到复杂的地质条件下对于隐藏的花岗斑岩型多金属矿化有着明显的指示作用。

### （三）多方法数据融合与矿藏预测精度提升

为了提升深层矿产探测精准度，在进行数据融合的方法中，将不同的物探方法的数据同时放到一个统一的空间参考系统中，对这些数据进行联合反演以及解释，来增加成像效果。联合反演将地震、磁测、重力、电磁等多种数据一同进行联合反演，建立不同类型物性的地下模型，从而提升地层界面以及矿化体识别准确率。研究显示深度学习强化的联合反演框架可以解决各种方法之间灵敏度、分辨率等方面的差异问题，产生统一一致的地下参数模型，有利于找出复杂的地表结构内部潜在的矿化特征。

## 四、综合物探方法的技术改进与优化策略

### （一）深部矿藏勘查中的数据处理与分析

深入矿产勘探的数据处理是一个重要过程，在此过程中必须对所采集到的各项物探测源数据进行有效的预处理、校准以及检查之后才能够得出有意义的数据结果，从源头上保证数据的质量水平。而数据处理一般包含坐标统一标准化、高程及地形影响改正、滤波降噪等程序。针对引力与磁力数据，通常采取了日变校正、化极处理以提升信号强度；潜力场滤波可以凸显出更深的地质结构信息。电法及电磁数据则要进行正演反演运算，运用三维反演法来寻找导体；三维地震数据也得用共轭梯度反演等一系列方法以求获得更清晰明了的地下构造图像。

### （二）技术优化与创新应用

技术创新的核心在于增强探测深度、清晰度、速度。如国家重点研发计划研制了4000米深井高精度三分量磁测及50kW大功率极化测量装置，赋予了深层探测新的手段。它们可以感知到细微的异常磁场信号，有利于找

寻矿体；深度学习与大数据分析正在流行起来，通过卷积神经网络（CNN）、生成对抗网络（GAN）等算法对多种来源的地学资料进行处理，实现对成矿规律的自动解析，增强找矿判断的准确性；多源数据融合技术把多种不同的物探方法结合起来，增强模型的可靠性，为深藏的目标点提供确切的位置参考。

### （三）未来发展趋势与技术前瞻

未来对深部矿产资源的勘探方法将会更多地依靠大数据、人工智能以及云计算，强化物探数据分析主动性和智能化的程度。先进技术将围绕着以人工智能为核心的联合解译技术展开，做到多种物探数据在一个平台上的准确地下建模。物探设备朝着低能耗、高精度及多指标一体化的方向发展，增强探测深度及精度。三维地震成像与高精度电法探测深度突破5000m，为超深部矿产资源提供可靠的信息来源。数据综合处理手段转换为基于深度学习的非线性数学模型，增强复杂地质体特征识别能力。

## 结语

本文以云南省地质条件以及矿产资源特征为基础，研究了综合物探法用于深部矿床勘探的应用与发展现状。研究表明：综合物探法可以提升对深部矿藏预测精确度，在矿体深度尺度、规模大小以及空间分布等预测方面有着显著价值；虽然目前的技术还存在缺陷之处，但是随着科学技术的发展以及技术进步和完善，相信综合物探法会在以后的深部矿藏勘探中起到更大的价值作用。本文的研究得到了云南乃至相似区域矿藏勘查工作的借鉴意义。

## 参考文献

- [1]游越新, 邓居智, 陈辉, 等.综合物探方法在云南澜沧老厂多金属矿区深部找矿中的应用[J].物探与化探, 2023, 47(03): 638-647.
- [2]喻忠鸿, 王金海, 詹俊, 等.综合物探方法在青海祁漫塔格浅覆盖区铁多金属矿区深部找矿中的应用研究——以野马泉矿区为例[J].矿产勘查, 2023, 14(02): 204-213.
- [3]屈利军, 王庆, 李波, 等.综合物探方法在湖南香花岭矿田三合圩矿区深部成矿规律研究中的应用[J].物探与化探, 2020, 44(06): 1313-1321.
- [4]杨海磊.关于综合物探方法在深部找矿工作中的应用探讨[J].中国金属通报, 2020, (03): 36-37.