

# 地质勘查中深部矿体探测技术的新进展与实践

陈鹏

文山麻栗坡紫金钨业集团有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i12.2075

**[摘要]** 随着浅部矿产资源的逐渐减少,深部矿体探测成为地质勘查领域的研究重点。本文详细阐述了地质勘查中深部矿体探测技术的新进展,包括地球物理探测技术、地球化学探测技术、钻探技术及信息技术在深部矿体探测中的应用等方面,为深部矿体勘查提供了技术参考与经验借鉴。

**[关键词]** 地质勘查; 深部矿体; 探测技术; 新进展

中图分类号: F407.1 文献标识码: A

## New progress and practice of deep orebody exploration technology in geological exploration

Peng Chen

Wenshan Malipo Zijin Tungsten Industry Group Co., LTD

**[Abstract]** With the gradual reduction of shallow mineral resources, deep orebody exploration has become the research focus in the field of geological exploration. This paper describes in detail the new development of deep orebody exploration technology in geological exploration, including the application of geophysical exploration technology, geochemical exploration technology, drilling technology and information technology in deep orebody exploration, which provides technical reference and experience for deep orebody exploration.

**[Key words]** geological exploration; Deep orebody; Detection technology; New progress

### 引言

矿产资源作为经济社会发展的重要物质基础,在全球经济发展中起着至关重要的作用。经过长期对浅部矿产资源的开采,其储量日益减少,找矿难度不断加大。因此,向深部拓展找矿空间成为必然趋势。深部矿体探测技术的发展对于发现新的矿产资源、保障资源供给具有重要意义。近年来,随着科技的不断进步,多种深部矿体探测新技术应运而生,为地质勘查工作带来了新的机遇与挑战。

#### 1 地球物理探测技术新进展

##### 1.1 重力勘探技术的改进

传统重力勘探技术主要通过测量地球重力场的变化来推断地下地质结构,但对于深部矿体探测存在分辨率较低的问题。新发展的高精度重力测量技术采用了更先进的重力仪,其测量精度可达到微伽级甚至更高。例如,超导重力仪利用超导量子干涉器件(SQUID)来检测重力变化,极大地提高了测量的灵敏度。在数据处理方面,引入了先进的滤波算法和反演技术,能够更准确地从复杂的重力数据中提取深部矿体信息。通过构建三维地质模型,结合重力异常特征,可以对深部矿体的形态、规模和位置进行更精确的推断。

##### 1.2 电磁法勘探技术的创新

频率域电磁法: 频率域电磁法在深部矿体探测中的应用得到了进一步拓展。新型的多频电磁仪能够发射多个不同频率的电磁波,同时接收地下介质的响应信号。通过分析不同频率下的电磁响应特征,可以获取不同深度的地质信息。例如,在澳大利亚某矿区的勘查中,采用多频电磁法成功探测到了地下800米深处的硫化物矿体。通过对不同频率电磁响应数据的反演成像,清晰地显示出矿体的边界和走向,为后续的钻探工作提供了准确的目标位置。

时间域电磁法: 时间域电磁法(TEM)也取得了显著进展。改进后的TEM系统具有更高的发射功率和更灵敏的接收装置,能够探测到更深层次的地质体。在数据采集方面,采用了多道瞬变电磁测量技术,可同时记录多个测点的电磁响应,大大提高了工作效率。在数据处理上,发展了基于正则化反演的成像方法,有效提高了深部地质结构成像的分辨率。例如,在我国胶东地区的金矿勘查中,利用时间域电磁法发现了深部隐伏的金矿体,通过反演成像清晰地呈现出矿体的空间分布形态,为该地区的金矿资源勘探提供了重要依据。

##### 1.3 地震勘探技术在深部矿体探测中的新应用

反射地震技术的深化: 反射地震技术一直是地质构造探测的重要手段,近年来在深部矿体探测方面也取得了新突破。高分

辨率地震勘探技术通过优化地震波激发方式、提高检波器性能以及改进数据处理算法,能够获得更清晰的深部地质反射图像。例如,采用宽频带地震采集技术,可拓宽地震波的频带范围,提高对深部地质体细节信息的分辨能力。在某铅锌矿勘查中,利用高分辨率反射地震技术成功识别出深部矿体上方的地层结构变化,通过对反射波特征的分析,推断出矿体的大致位置和规模,为后续的钻探验证提供了关键线索。

地震层析成像技术的发展:地震层析成像技术能够对地下地质体进行三维成像,直观地展示深部地质结构。在深部矿体探测中,该技术通过测量地震波在地下介质中的传播速度,利用反演算法构建地下介质的速度模型,从而识别出与矿体相关的异常区域。例如,在加拿大某镍矿勘查中,应用地震层析成像技术对地下1000米深度范围内的地质体进行成像,清晰地显示出镍矿体与围岩在速度上的差异,准确圈定了矿体的分布范围,为矿山的深部开拓提供了详细的地质信息。

## 2 地球化学探测技术新进展

### 2.1 深穿透地球化学技术

深穿透地球化学技术是针对深部矿体探测发展起来的一种新型地球化学勘查方法。它能够探测到来自深部矿体的成矿元素或其伴生元素通过各种方式迁移到地表形成的微弱异常。其中,地气测量法是深穿透地球化学技术的重要代表。地气是指在地球内部与大气之间存在的一种物质流,它能够携带深部矿体的微量元素向上迁移至地表。通过采集地表的地气样品,利用高灵敏度的分析仪器检测其中的微量元素含量,可识别出与深部矿体相关的异常信息。例如,在我国新疆某铜镍矿勘查中,采用地气测量法发现了深部矿体在地表形成的微弱异常,经过进一步的研究和验证,成功确定了深部矿体的位置和规模,为该地区的找矿工作带来了重大突破。

### 2.2 元素地球化学示踪技术

元素地球化学示踪技术利用不同元素在地质过程中的地球化学行为差异,来追踪成矿元素的来源、迁移路径和富集规律,从而为深部矿体探测提供依据。稳定同位素示踪技术是其中的重要手段之一。例如,硫同位素在硫化物矿床的研究中具有重要意义。不同来源的硫具有不同的同位素组成,通过分析矿石和围岩中硫同位素的比值,可以判断成矿硫的来源,进而推断矿体的形成机制和深部延伸情况。在某大型铅锌硫化物矿床的勘查中,通过对硫同位素的系统研究,发现深部矿体的硫同位素组成与浅部矿体存在差异,表明深部矿体可能具有不同的成矿过程和来源,为进一步深入勘探提供了重要线索。

## 3 钻探技术新进展

### 3.1 定向钻探技术的发展

定向钻探技术在深部矿体探测中得到了广泛应用和不断改进。现代定向钻探设备配备了先进的测量和控制系统,能够精确控制钻孔的轨迹,使其按照预定的方向和深度钻进。例如,采用随钻测量(MWD)和随钻测井(LWD)技术,可实时获取钻孔的方位、倾角、温度、压力等参数以及钻孔周围岩石的物理性质信息,

为及时调整钻孔轨迹提供依据。在深部矿体勘查中,定向钻探技术可以从地面或井下不同位置向深部目标矿体钻进,实现对矿体的多角度探测,提高矿体勘探的准确性和可靠性。例如,在南非某金矿的深部勘查中,利用定向钻探技术成功从多个方向穿透深部矿体,详细了解了矿体的厚度变化和空间形态,为矿山的开采设计提供了精确的地质数据。

### 3.2 深部取芯钻探技术的突破

深部取芯钻探技术对于获取深部矿体的实物样品、进行详细的矿石成分和结构分析至关重要。近年来,深部取芯钻探设备在钻进深度、取芯质量和效率方面取得了显著突破。新型的金刚石钻头 and 钻具材料具有更高的耐磨性和强度,能够适应深部复杂地层的钻进要求。同时,采用了先进的液动锤取芯技术,通过在钻杆内产生高频冲击,提高了取芯效率和岩芯的完整性。例如,在我国西藏某铬铁矿勘查中,应用深部取芯钻探技术成功获取了地下1500米深处的岩芯样品,通过对岩芯的分析,准确确定了矿体的品位和矿石类型,为该地区铬铁矿资源的开发提供了重要的地质依据。

## 4 信息技术在深部矿体探测中的应用新进展

### 4.1 地理信息系统(GIS)技术的深化应用

GIS技术在深部矿体探测中应用广泛,成为分析多源地质数据的关键平台。它整合地球物理、地球化学、地质测绘等数据,利用空间分析功能,综合研究深部地质结构和矿体分布。GIS的三维建模功能可构建三维地质模型,展示矿体与地质体的空间关系。此外,GIS系统便于管理大量地质数据,支持地质勘查工作的数据存储、查询和更新。在某大型钼矿勘查中,通过构建基于GIS的三维地质模型,综合分析地球物理和地球化学异常信息,准确圈定了深部钼矿体的分布范围,为矿山的勘查和开发规划提供了科学依据。

### 4.2 大数据与人工智能技术的引入

大数据技术:在深部矿体探测中,会产生海量的地质数据。大数据技术的应用能够对这些数据进行高效存储、快速处理和深度挖掘。通过对多源地质数据的关联分析,可以发现潜在的地质规律和矿体异常信息。例如,利用大数据分析技术对历史勘查数据进行处理,结合地质统计学方法,可以预测深部矿体的可能位置和规模。在某铜多金属矿勘查中,通过对多年积累的地球物理、地球化学和钻探数据进行大数据分析,成功识别出了深部矿体的异常模式,为新的勘探区域确定提供了重要参考。

人工智能技术:人工智能技术在深部矿体探测中的应用主要体现在数据解释和预测方面。机器学习算法能够对大量已知地质数据进行学习,建立地质模型与矿体特征之间的关系,从而对未知区域的矿体情况进行预测。例如,采用支持向量机(SVM)算法对地球物理数据进行分类,识别出与深部矿体相关的异常数据模式。深度学习技术在地质图像识别和三维地质建模方面也具有很大优势。通过对大量地质图像的学习,深度学习模型可以自动识别地质构造和矿体特征,提高地质解释的准确性和效率。在某金矿勘查中,利用深度学习算法对地震勘探图像进行处

理,成功识别出深部隐伏金矿体的特征,为该地区的金矿勘探提供了新的技术手段。

### 5 案例分析

在我国西南地区的某大型铜锌矿勘查项目中,充分展现了多种深部矿体探测技术协同应用的显著成效。该矿区历经多年浅部开采,资源面临接续难题,亟需探寻深部矿体以保障矿山的可持续发展。

勘查初期,地球物理探测技术先行。采用高精度重力测量技术,利用超导重力仪对矿区进行全面测量。通过先进的滤波算法和反演技术处理数据,发现了多处重力异常区域。同时,运用时间域电磁法(TEM),改进后的系统凭借高发射功率和灵敏接收装置,对深部地质体进行探测。多道瞬变电磁测量技术快速采集数据,基于正则化反演的成像方法清晰呈现出地下地质结构,在某区域识别出与铜锌矿相关的电磁异常特征。

地球化学探测技术也同步展开。深穿透地球化学技术中的地气测量法发挥了重要作用。在矿区广泛采集地气样品,利用高灵敏度分析仪器检测微量元素。结果显示,在特定区域地气中铜、锌等元素含量出现明显异常,为深部矿体存在提供了有力线索。元素地球化学示踪技术方面,对硫同位素进行系统分析。通过对比矿石和围岩中硫同位素比值,判断出成矿硫的来源,进而推测深部矿体的形成机制和可能延伸方向。

钻探技术作为验证和获取实物样品的关键手段,定向钻探技术精确控制钻孔轨迹。采用随钻测量(MWD)和随钻测井(LWD)技术,实时掌握钻孔参数和周围岩石物理性质,从多个角度向深部目标矿体钻进。深部取芯钻探技术成功获取地下1200米深处的岩芯样品,新型金刚石钻头和液动锤取芯技术确保了取芯质量和效率。对岩芯的分析准确确定了矿体的品位和矿石类型。

信息技术在整个勘查过程中起到整合与分析的作用。地理信息系统(GIS)将地球物理、地球化学、钻探等多源数据集成,利用三维建模功能构建直观的三维地质模型,清晰展示深部矿体与周围地质体的空间关系。大数据技术对海量历史勘查数据

进行深度挖掘,结合地质统计学方法预测深部矿体位置和规模。人工智能技术中的机器学习算法对地球物理数据分类,识别出与深部矿体相关的异常模式。

通过综合运用这些技术,最终在该矿区深部成功发现了大规模的铜锌矿体。矿体厚度、品位等参数符合开采要求,为矿山的后续开采提供了充足的资源保障,充分证明了多种深部矿体探测技术协同应用在实际勘查工作中的巨大价值。

### 6 结论

随着浅部矿产资源的逐渐枯竭,深部矿体探测已成为地质勘查领域的关键任务。近年来,新技术的应用,显著提高了深部矿体探测的精度和效率,为地质勘查工作提供了更强大的技术支撑。在实际勘查工作中,通过综合运用多种探测技术,并结合具体的地质条件和勘查目标,能够更准确地发现和评价深部矿体,为保障矿产资源的可持续供应做出重要贡献。未来需要进一步加强技术研发和创新,不断完善深部矿体探测技术体系。

### [参考文献]

[1]陈实,杨屹,涂其军,等.新疆伊宁金山金矿深部矿体定位探测新技术研究与应用[C]//中国地球物理学会金属矿勘查专业委员会.第二届全国矿产勘查大会论文集.新疆维吾尔自治区地质调查院;山东黄金集团,2023:394.

[2]李忠,张小兵,汪金明,等.EH4在深部隐伏岩(矿)体探测中的应用——以东炉房铜钼多金属矿为例[J].地质力学学报,2023,29(01):48-59.

[3]许志河,孙丰月,顾观文,等.中亚造山带岩浆铜镍硫化物矿床深部找矿——以红旗岭铜镍矿床为例[J].吉林大学学报(地球科学版),2022,52(05):1649-1657.

[4]卢腾,郝乐辉.矿山深部找矿工作中放射性物探方法的应用效果分析[J].世界有色金属,2021,(09):68-69.

### 作者简介:

陈鹏(1987--),男,汉族,福建龙岩人,本科,工程师,研究方向:地质勘探,成矿规律研究类。