

整合地质、地球物理与地球化学方法的综合勘探技术研究

刘绍辉

成都洪荒源通石油科技有限公司, 四川省成都市, 610213;

摘要: 以地球物理勘探为基础的多方法多学科交叉综合勘探技术是当前矿产资源勘查的重要技术手段之一, 而如何将地质、地球物理和地球化学等不同类型的勘探方法进行有机整合, 形成一种更高效的勘探技术, 是当前亟须解决的难题。本文以中国地质调查局“三深一土”地球物理勘探技术创新研究与推广应用为例, 对整合地质、地球物理与地球化学方法的综合勘探技术进行了探索研究, 提出了“统一标准、深度融合、协同攻关、分步实施”的综合勘探技术体系框架, 并对关键技术与方法进行了论述。该研究成果对于提升我国矿产资源勘查水平和提高矿产资源保障能力具有重要意义。

关键词: 整合地质; 地球物理; 地球化学方法; 综合勘探技术

DOI: 10.64216/3080-1508.25.10.043

引言

矿产资源是我国经济社会发展的重要物质基础, 也是保障国家经济社会可持续发展的重要战略资源。随着矿产资源需求的增长, 传统单一方法或单一技术手段已经难以满足国家和人民对矿产资源的需求。近年来, 随着新型地球物理勘探技术与方法的不断涌现, 我国地质调查工作取得了长足发展, 在深地、深海、深空和地基等领域也取得了一系列重大突破。在新的形势下, 为更好地适应新形势新任务需求, 发挥新时代地质调查工作优势和特色, 有必要进一步加强地质、地球物理与地球化学等不同类型的勘探技术之间的深度融合与协同攻关, 形成一种更高效的综合勘探技术。

1 地球物理勘探原理与技术

地球物理勘探是在地球物理场中通过观测和研究, 来了解与研究地下介质的分布特征、物质组成、结构构造、状态性质、物性参数等, 从而为矿产资源勘查提供技术手段的一种方法。地球物理勘探主要分为两大类: 一类是直接法, 即在一定条件下直接探测地下目标体, 如电磁法、地震法等; 另一类是间接法, 即利用已知地质现象或已知矿产资源信息推测未知目标体的物性参数, 如重力法、电法、地震法等。地球物理勘探技术方法主要包括: 电磁场理论方法, 地质—地球物理联合反演技术, 浅层地震勘探方法, 高精度磁测技术, 重力资料解释技术等^[1]。

2 综合勘探技术的理论基础与集成优势

综合勘探技术是基于综合地球物理勘探与地球化学勘探两种技术方法而提出的一种勘探技术, 通过对各种不同类型的勘探方法进行有机整合, 可以实现对地下地质、地球物理和地球化学异常信息的联合分析、多尺

度立体综合探测与多学科交叉融合, 进而实现对地下地质构造、矿产资源以及环境生态等状况的精准刻画。综合勘探技术通过多源信息融合、多尺度立体探测和多学科交叉融合等方法, 可以有效解决复杂地质条件下的地质构造精细刻画和矿产资源的精准预测等难题, 为推动我国地质调查工作向深部和地下进军提供了重要支撑, 同时也为矿产资源勘查开发提供了更精准、高效的技术手段^[2]。

3 综合勘探技术体系构建

3.1 技术集成与信息融合理念

从技术集成与信息融合的角度看, 综合勘探技术体系的构建体现了两个理念: 一是技术集成, 即以地质、地球物理与地球化学方法为基础, 建立各种技术的组合体系, 形成“一个中心、两个层次、三个体系”的综合勘探技术体系; 二是信息融合, 即在综合勘探技术体系中, 应用多种方法和技术形成综合数据场, 为地质方法提供大量的目标信息, 并将这些信息通过科学合理地处理、分析和解释, 为地质勘探提供新的研究对象和新的勘探手段。具体来说, 综合勘探技术体系包括: 地质、地球物理与地球化学方法集成; 物化探资料处理与解释; 综合数据场形成等内容。

3.2 地质、地球物理与地球化学数据的获取与处理

数据的获取是地质、地球物理与地球化学综合勘探技术研究的基础, 获取数据的主要途径有: 地球物理数据、地质数据、物探数据、化探数据等。其中, 地球物理数据的获取方法有: 地面地质调查、物探测量、遥感调查等; 地质数据的获取方法有: 钻探工程、地球化学测量等; 物探数据的获取方法有: 浅层地震勘探方法、

高精度磁法测量方法等；地球化学数据的获取方法有：高精度化探测量方法、地球化学测量方法等。通过对不同类型、不同尺度以及不同精度的多源地质-地球物理与地球化学数据进行一体化处理，可以实现对地下地质构造、矿产资源以及环境生态等状况的精准刻画^[3]。

3.3 多源数据集成与空间分析方法

以多源数据集成为核心，以空间分析方法为辅助，构建以地球物理测井数据、地质剖面数据、遥感影像数据及 GIS 空间数据库等为主的多源数据集成技术体系。其中，地球物理测井数据和地质剖面数据是由地质专业人员对其进行分析、解释得到的，其目的在于圈定有利的勘探靶区；遥感影像数据主要是用于解译及研究区域的地表变化规律，与地球物理测井数据结合，可将异常区域及异常解释结果进行可视化，以便于理解和认识；GIS 空间数据库是对地质、地球物理和地球化学信息进行空间分析的主要工具，能够为各类资料的提取与集成提供统一、高效、准确的处理平台。

3.4 综合勘探技术的流程与关键环节

基于对综合勘探技术体系的分析，结合综合勘探技术的特点，按照“统一标准、深度融合、协同攻关、分步实施”的原则，提出了综合勘探技术的流程与关键环节。其中，统一标准包括：通用基础标准和专业标准；深度融合包括：地质、地球物理和地球化学三元数据的集成处理；协同攻关包括：多学科交叉融合；分步实施指综合勘探技术将在不同勘查阶段分步实施，包括地质勘查、地球化学勘查 3 个阶段。在关键环节方面，首先要进行统一标准的制定和对多源数据的整合处理，其次要进行多学科协同研究与模型构建，最后要开展分步实施与多目标综合评价。

3.5 关键设备与技术支持

(1) 测井仪器：采用基于磁感应原理的高精度磁力仪，仪器可以同时记录各种磁性测量信号。高精度磁力仪的使用，对提高测量结果的精度和可靠性、获取高分辨率的物理信号具有重要作用。(2) 高精度测井仪器：采用全数字多功能自动测井仪，实现了地质、地球物理和地球化学测井的综合解释，实现了多参数数据采集与处理。同时还具有丰富的图形编辑功能，能够绘制各种不同类型的图形。(3) 多参数数据采集处理软件：采用具有自主知识产权的多参数数据采集处理软件，实现了地质、地球物理和地球化学测井的综合解释。该软件可有效提高勘探工作效率，降低勘探成本，满足勘探需求^[4]。

4 核心技术与集成方法

4.1 地质与地球物理信息融合技术

利用不同类型的地质-地球物理与地球化学数据，进行多源数据融合，可以实现地质构造的精细刻画；利用不同尺度的地质-地球物理与地球化学数据，可以实现地球物理探测结果的精细解释；利用不同类型的地质-地球物理与地球化学数据，可以实现资源勘探目标的圈定。同时，在地质-地球物理与地球化学数据融合过程中，还需要对采集数据进行系统分析，构建相应的模型；同时，在多源数据融合过程中还需要充分考虑空间信息的共享、集成与应用问题。在上述工作过程中，需要通过建立统一标准和多学科协同攻关等措施，形成一套适用于综合勘探技术的核心技术与集成方法。

4.2 地球物理与地球化学联合反演

地球物理与地球化学的联合反演，可以综合地球物理与地球化学数据，构建更准确的地质模型；通过联合反演，可以解决单一地球物理勘探方法存在的局限性，实现地质、地球物理与地球化学信息的综合应用；通过联合反演，可以将已知地质-地球物理与地球化学异常信息进行提取，并进行有效的解释、分析和推断，圈定有利勘探靶区。因此，在综合勘探技术体系中，需要建立多学科协同攻关机制，建立多学科交叉融合模式，研究联合反演的理论和方法；建立多学科联合反演的协同工作机制，形成统一的技术规范与标准；建立联合反演的工作机制与模式。

4.3 地质、地球物理与地球化学三元数据一体化处理

地质、地球物理与地球化学三元数据的一体化处理是指将地球物理测井、地球化学测井和物探测井三种不同类型的数据，通过数据提取、信息融合、异常分析、数据处理和可视化等步骤，实现数据的一体化处理。在综合勘探技术体系中，地质、地球物理和地球化学三元数据的一体化处理是一个复杂的过程，涉及到多种技术方法的集成，包括多源数据的采集、处理和解释等。因此，在综合勘探技术体系中，需要建立统一标准，进行多源数据一体化采集；建立多源数据的协同工作机制，进行多源数据的空间分析；建立多源数据的同步处理流程，实现三元数据的一体化处理。

4.4 多学科协同的模型构建与解释方法

在多学科协同的综合勘探技术体系中，首先需要开展多学科协同攻关，进行多学科模型的构建，然后在模型的基础上开展数据处理与分析、异常特征提取、地质

—地球物理与地球化学联合反演及综合解释等工作。在综合勘探技术体系中,需要建立多学科协同攻关机制,开展多学科协同研究与模型构建;建立多学科协同分析模式,进行数据处理与分析、异常特征提取、地质—地球物理与地球化学联合反演及综合解释等工作;建立多学科协同的模型构建与解释模式,开展地质—地球物理与地球化学联合反演及综合解释工作,实现多目标综合评价。

4.5 智能化与信息化在综合勘探中的应用

随着科学技术的不断发展,勘探工作需要智能化与信息化的支撑。在综合勘探技术体系中,需要建立智能化与信息化的分析模式,包括智能数据采集、智能处理、智能解释和智能评价等,实现矿产资源的精细化预测;建立综合勘探数据共享平台,实现综合勘探数据的共享,实现数据资源的最大利用;建立综合勘探信息管理系统,实现综合勘探信息的管理与共享。在智能化与信息化在综合勘探中的应用方面,需要开展数据采集、处理和解释等环节的智能化处理与分析研究;开展综合勘探信息管理系统建设与应用研究;开展地质、地球物理和地球化学数据一体化处理技术研究。

5 综合勘探技术的关键问题与对策

5.1 多源数据一致性与互操作性问题

在综合勘探技术中,由于需要同时进行地球物理、地球化学和物探测井等多种勘探方法的综合,因此,多源数据的一致性与互操作性是综合勘探技术的关键问题。为解决上述问题,在综合勘探技术体系中,需要建立统一的基础标准和专业标准,建立多源数据的协同工作机制,实现多源数据的同步处理与处理流程。在综合勘探技术中,还需要进行多学科协同攻关研究,建立多学科协同模型;通过建立多学科协同工作机制与模式,实现多学科融合;通过建立统一的数据处理平台,实现三种不同类型的数据一体化处理。同时,为了保证多源数据的一致性和互操作性,需要进行多源数据标准化和规范化建设^[5]。

5.2 不同尺度与精度数据的融合难点

勘探技术中的地球物理数据、地球化学数据、地质数据等数据具有不同的精度和分辨率,在采集过程中由于操作人员的不同,可能导致采集的数据出现不同程度的缺失或错误。为了确保地质、地球物理与地球化学勘探方法的相互补充和相互印证,必须要解决不同尺度与精度数据的融合问题,在对每一种方法进行单独处理时,

可以通过一定方法进行校正或补充,但要注意这些校正或补充的方法需要有足够的精度和分辨率。例如在物探方法中,可以通过密度剖面等对物探异常进行校正或补充;在化探方法中,可以通过对元素含量异常进行校正和补充。

5.3 数据处理与解释的主观性控制

由于受到人类认识能力的限制,数据处理与解释具有很强的主观性。在进行综合勘探过程中,为了有效地提高勘探效果,必须解决好这一问题。为此,一方面需要加强对数据处理与解释人员的技术培训,使其能够客观地分析数据、合理地解释数据。另一方面需要建立相应的技术标准,以规范数据处理与解释工作。在此基础上,必须要根据数据特征、研究目的以及工作区域等因素建立一套评价体系。例如,在进行综合勘探过程中,为了保证勘探效果,可以建立一套综合勘探评价指标体系。通过这些指标体系的建立,可以实现对综合勘探成果的客观评价。

6 结语

随着科学技术的发展,地质勘探工作越来越多地采用综合勘探技术。在地质勘探工作中,涉及到多种方法和技术,不仅要运用单一的地球物理方法进行勘探,还要运用多种地球化学方法进行勘探,这就需要进行多学科协同攻关。在多学科协同的综合勘探技术中,需要建立统一标准和专业标准,实现多源数据的一体化处理;建立多学科协同攻关机制,建立多学科协同研究模式;建立多学科协同工作机制与模式;通过建立统一的数据处理平台,实现不同尺度与精度数据的一体化处理。在综合勘探过程中,需要根据不同地质条件和不同地区特点采取相应的策略和措施。

参考文献

- [1]王嘉琦,李宗星,刘奎.柴达木盆地东部燕山期剥蚀量恢复:来自地球物理和低温热年代学的证据[J].地学前缘,2022,29(04):371-384.
- [2]李远强.物探方法在区域地质调查中的应用[J].城市地质,2015,10(01):56-60.
- [3]张伟.鞍山一本溪地区含铁建造的三维空间展布规律[D].吉林大学,2014.
- [4]武有才.西山煤田西缘构造带整合煤矿的水害综合探测[J].山西煤炭,2013,33(07):73-75.
- [5]石君华.综合物探技术在山西某整合矿井的应用[J].中国煤炭地质,2012,24(10):42-47.