

# 多源地球物理数据融合在深部地质构造勘探中的应用研究

刘 洋

中陕核工业集团二一一大队有限公司 陕西 西安 710000

**摘要：**多源地球物理数据融合技术通过整合地震、重力、磁测和电性等多种地球物理数据，旨在提高深部地质构造勘探的准确性和效率。本文探讨了数据融合的基本原理、关键技术及其在深部地质构造勘探中的应用。通过实际案例分析，验证了数据融合技术在揭示深部地质特征、岩浆岩体分布及矿化带规律方面的有效性。同时，本研究还讨论了数据融合面临的挑战及解决方案，为矿产资源评估和开采提供了科学依据和技术支持。

**关键词：**多源地球物理数据融合；深部地质构造勘探；应用

引言：深部地质构造勘探对于矿产资源评估与开发至关重要，然而传统勘探方法受限于单一数据源，难以全面揭示复杂地质构造。随着多源地球物理数据融合技术的发展，通过整合不同种类的地球物理数据，如地震、重力、磁测和电性等，能够更准确地描绘地下地质结构，提高勘探效率和精度。本研究旨在探讨多源地球物理数据融合在深部地质构造勘探中的应用潜力，为矿产资源开发提供科学依据和技术支撑。

## 1 多源地球物理数据融合技术概述

### 1.1 多源数据融合的定义与原理

(1) 多源数据融合的基本概念和技术框架。多源数据融合技术是指利用相关手段将来自不同数据源的信息全部综合到一起，并对这些信息进行统一的评价，最后得到统一的信息的技术。其核心理念可以形容为“1+1=3”，即通过融合多源数据，获得比单一数据更为全面、准确的信息。该技术框架通常包括数据选择、数据预处理、数据融合与集成、数据分析和应用等步骤。(2) 数据融合过程中涉及的关键技术和方法。数据融合过程中涉及的关键技术和方法主要包括数据预处理技术（如数据清洗、格式转换、数据校正等）、数据融合算法（如像素级融合、特征级融合、决策级融合等），以及数据分析技术。这些技术和方法的应用，旨在提高数据的准确性和一致性，从而增强融合后的信息质量。

### 1.2 地球物理数据的类型与特点

(1) 常见的地球物理数据。地球物理数据主要包括地震数据、重力数据、磁测数据和电性数据等。地震数据通过测量地震波在地下的传播来获取地下地质结构和构造等信息；重力数据反映地球表面不同地区的重力场强度，可用于揭示地下岩层的变化；磁测数据测量地球磁场的强度和方向，有助于矿产勘探；电性数据则通过测量地下电场或电磁辐射来反映地下物质的电性质。

(2) 各类地球物理数据的优缺点及互补性。各类地球物理数据都有其独特的优缺点。例如，地震数据具有高分辨率和精确性，但采集和处理成本较高；重力数据覆盖范围广，但受地表干扰较大；磁测数据对磁性矿物敏感，但易受地质体复杂性的影响；电性数据对地下物质的电性质敏感，但受环境因素影响较大。这些数据之间具有一定的互补性，通过融合可以充分利用各自的优势，弥补彼此的不足。

### 1.3 多源数据融合在地球物理勘探中的优势

多源数据融合在地球物理勘探中具有显著提升数据质量、获取更多地质信息、提高勘探效率等优势。通过融合不同数据源的信息，可以生成更为准确和完整的地下物质模型，从而提高勘探的精确度和可靠性。

## 2 多源地球物理数据融合在深部地质构造勘探中的应用

### 2.1 数据采集与处理

#### 2.1.1 深部地质构造勘探中多源数据的采集方式和预处理流程

在深部地质构造勘探中，多源数据的采集通常涉及地震勘探、重力勘探、磁法勘探、电法勘探等多种技术手段。这些勘探手段各有特点，能够分别从不同的角度揭示地下地质构造的信息。地震勘探通过人工激发地震波并接收其在地下地下的反射信号来揭示地下岩层的分布和构造特征。重力勘探则利用地球重力场的微小变化来探测地下岩层的密度分布差异。磁法勘探则是通过测量地球磁场的微小变化来揭示地下磁性物质的分布。电法勘探则是通过测量地下介质的电阻率、极化率等电学参数来反映地下物质的电性特征。在数据采集完成后，需要进行一系列的预处理流程以提高数据质量。这包括数据清洗，即去除数据中的噪声和异常值；数据格式转换，即将不同来源的数据转换为统一的格式以便于后续处

理；数据校正，即根据已知的地质信息和地球物理原理对数据进行必要的调整和修正<sup>[1]</sup>。

### 2.1.2 数据质量控制和格式转换的重要性

数据质量控制和格式转换是多源数据融合过程中不可或缺的环节。数据质量直接影响后续的数据融合效果和勘探结果的准确性。因此，在数据采集和预处理阶段，必须严格按照规范进行操作，确保数据的准确性和可靠性。格式转换则是实现数据融合的前提。由于不同勘探手段产生的数据往往具有不同的格式和标准，因此在进行数据融合之前，需要对数据进行格式转换，将它们统一为相同的格式和标准。这有助于后续的数据匹配和融合算法的选择，从而提高数据融合的效率 and 准确性。

## 2.2 数据融合策略与技术路线

### 2.2.1 针对深部地质构造勘探的多源数据融合策略

针对深部地质构造勘探的多源数据融合策略，主要包括以下几个方面：（1）需要根据勘探目标和地下地质构造的特点，选择合适的勘探手段和数据类型。（2）根据这些数据的特点和相互关系，制定合理的融合策略。例如，可以利用地震数据和重力数据的互补性，通过融合这两种数据来揭示地下岩层的密度和构造特征。（3）也可以考虑将磁法勘探和电法勘探的数据进行融合，以揭示地下磁性物质和电性物质的分布特征<sup>[2]</sup>。

2.2.2 设计具体的数据融合技术路线，包括数据匹配、融合算法选择等

具体的数据融合技术路线设计需要综合考虑数据的类型、特点以及勘探目标的需求。数据匹配是数据融合的关键步骤之一，需要确保不同来源的数据在时间和空间上具有一致性。这可以通过数据对齐、时间同步等技术手段来实现。在融合算法的选择上，需要根据数据的特点和融合目标来选择合适的算法。例如，对于地震数据和重力数据的融合，可以采用加权平均法、卡尔曼滤波法等算法来进行处理。对于磁法勘探和电法勘探的数据融合，则可以考虑使用神经网络、支持向量机等机器学习算法来进行处理。

## 2.3 数据融合结果的验证与评估

### 2.3.1 验证和评估数据融合结果的方法和标准

验证和评估数据融合结果的方法和标准主要包括对比分析法、模型验证法和地质验证法等。对比分析法是通过将融合结果与单一数据源的结果进行对比，来评估融合结果的准确性和可靠性。模型验证法则是通过建立地质模型来验证融合结果是否符合地质规律和勘探目标的需求。地质验证法则是通过实际的地质勘探和采样来验证融合结果的准确性和可靠性<sup>[3]</sup>。

### 2.3.2 数据融合结果的准确性和可靠性

数据融合结果的准确性和可靠性是衡量数据融合效果的重要指标。在验证和评估过程中，需要对融合结果进行详细的分析和对比，以确定其是否满足勘探目标和地质规律的要求。同时，还需要对融合过程中可能产生的误差和不确定性进行评估和分析，以便在后续的应用中进行必要的调整和修正。

## 3 多源地球物理数据融合在深部地质构造勘探中的案例分析

### 3.1 案例背景与勘探目标

3.1.1 案例背景：本案例选取位于我国西部的某大型金属矿产区作为研究对象。该区域地质构造复杂，深部矿产资源丰富，但由于地表覆盖层较厚，传统勘探方法难以有效揭示深部地质构造，导致勘探效率低下，资源评估准确性不高。

3.1.2 地质背景：该区域主要地层包括古生界、中生界和新生界，其中古生界地层富含多种金属矿产。区域构造以断裂和褶皱为主，形成了一系列复杂的地质构造格局。深部可能存在隐伏的岩浆岩体和矿化带，是本次勘探的主要目标。

3.1.3 勘探目标：利用多源地球物理数据融合技术，揭示深部地质构造特征，特别是隐伏岩浆岩体和矿化带的分布规律，为后续的矿产资源评估和开采提供科学依据。

### 3.2 数据融合过程与结果分析

#### 3.2.1 数据融合具体实施过程

（1）数据采集：采用地震勘探、重力勘探、磁法勘探和电磁勘探等手段，在目标区域采集了大量的地球物理数据。（2）数据预处理：对采集到的数据进行清洗、格式转换和标准化处理，确保数据质量满足融合要求。（3）数据匹配与融合：利用先进的数据匹配算法，将不同来源的数据在时间和空间上进行对齐。随后，选择适当的融合算法（如加权平均法、神经网络法等）进行数据融合，生成融合后的地球物理图像。（4）结果分析：对融合后的图像进行地质解释，识别深部地质构造特征，包括岩浆岩体的形态、规模和分布，以及矿化带的走向和倾向等。

#### 3.2.2 数据融合结果分析

数据融合结果显示，深部地质构造特征在融合图像中得到了清晰揭示。岩浆岩体在图像中呈现出明显的异常特征，其形态、规模和分布与地质背景相符。同时，矿化带在图像中也呈现出明显的线性或带状异常，与已知的地质构造格局相吻合。这些数据融合结果为后续的资源评估和开采提供了重要依据。

### 3.3 勘探效果评估与对比

#### 3.3.1 勘探效果评估

多源地球物理数据融合技术在本次勘探中取得了显著效果。与传统的单一数据源勘探方法相比，融合后的数据更加全面、准确，能够更有效地揭示深部地质构造特征。这不仅提高了勘探效率，还降低了勘探成本，为矿产资源评估和开采提供了有力支持。

#### 3.3.2 与传统勘探方法对比分析

与传统的勘探方法相比，多源地球物理数据融合技术具有以下优势：（1）全面性。融合后的数据包含了多种地球物理信息，能够更全面、准确地揭示深部地质构造特征。（2）准确性。通过数据融合，可以有效去除单一数据源中的噪声和干扰，提高数据的准确性。（3）高效性。多源数据融合技术能够同时处理多种数据源，提高了勘探效率，降低了勘探成本。（4）灵活性。融合算法可以根据具体的应用场景和数据特点进行选择和优化，具有更高的灵活性和适应性。

## 4 多源地球物理数据融合技术面临的挑战与解决方案

### 4.1 数据来源的可靠性问题

#### 4.1.1 影响分析

数据来源的可靠性直接关系到多源地球物理数据融合结果的准确性和可信度。如果数据源存在误差、噪声或虚假信息，这些数据将在融合过程中被放大或传播，导致融合结果出现偏差，甚至误导地质解释。

#### 4.1.2 解决方案

（1）数据校验与验证：在数据融合前，应对每个数据源进行严格的校验和验证，确保数据的准确性和一致性。（2）多源数据比对：通过比对不同数据源之间的信息，识别并纠正潜在的不一致性和误差。（3）选择高质量数据源：优先选用经过验证和校准的高质量数据源，避免使用来源不明或质量不可靠的数据<sup>[4]</sup>。

### 4.2 数据融合算法的选择与优化

#### 4.2.1 算法特点与适用性

数据融合算法的选择取决于数据的特性、勘探目标和具体应用场景。常见的算法如加权平均法、卡尔曼滤波、主成分分析、神经网络等，各有其特点和适用性。

#### 4.2.2 优化策略

（1）算法适应性评估：根据深部地质构造勘探的特

点和需求，评估不同算法的适应性。（2）参数调优：对选定算法的关键参数进行调优，以提高融合结果的准确性和鲁棒性。（3）算法组合与集成：考虑将多种算法进行组合或集成，以充分利用各自的优势，提高整体融合效果。

### 4.3 数据处理与存储的挑战

#### 4.3.1 问题概述

多源地球物理数据融合涉及大量数据的处理和存储，这可能导致处理速度下降、存储成本增加等问题。此外，不同数据源之间的数据格式和标准差异也可能增加处理难度。

#### 4.3.2 解决方案

（1）数据预处理：在数据融合前进行数据清洗、格式转换等预处理工作，以提高数据的一致性和可处理性。（2）高效数据处理技术：采用并行处理、分布式计算等高效数据处理技术，提高数据处理速度。（3）智能存储管理：利用智能存储技术，如数据压缩、分级存储等，降低存储成本并提高存储效率。（4）数据标准化：推动数据标准的制定和实施，以减少不同数据源之间的格式差异，提高数据处理的便捷性和效率。

### 结束语

综上所述，多源地球物理数据融合技术为深部地质构造勘探带来了显著的优势，不仅提高了勘探的准确性和效率，还降低了成本。通过实际案例分析，验证了该技术在地质构造识别、矿产资源评估等方面的有效性。未来，随着数据科学和计算技术的不断进步，多源数据融合将在深部地质勘探领域发挥更重要的作用，推动矿产资源开发的可持续发展。

### 参考文献

- [1]李丽.多源数据融合技术及其在地质矿产勘查中的实践研究[J].中国建设信息化,2022,(02):24-25.
- [2]刘春娥.多源数据融合技术及其在地质矿产勘查中的应用[J].中国锰业,2020,(04):42-43.
- [3]姚强.多源数据融合技术及其在地质矿产勘查中的应用探讨[J].地质勘探技术,2021,(06):68-69.
- [4]杨兴科.多源数据融合技术及其在地质矿产调查中的应用[J].地球科学与环境学报,2020,(03):38-39.