

地磁异常与地质构造关系的定量分析研究

张会彬 连青 康辰凯 周敬

河北省区域地质调查院 (河北省地学旅游研究中心)

DOI:10.12238/gmsm.v7i6.1847

[摘要] 地磁异常与地质构造关系复杂紧密,经过定量分析地磁异常可揭示地质构造特征与变化规律,地磁数据的空间分布和强度变化能反映地壳内部物质组成与结构特征。研究表明其强度和方向常与断裂带、褶皱、岩浆侵入等地质构造活动关联,定量分析不仅助于识别隐伏断裂和岩浆活动分布,还为地质构造演化模型提供依据。该研究方法在地质勘探和资源评价中应用前景广泛,能为地质灾害预测和资源管理提供科学支持。

[关键词] 地磁异常; 地质构造; 定量分析; 断裂带; 岩浆侵入

中图分类号: P618.130.2 **文献标识码:** A

quantitative analysis of the relationship between geomagnetic anomaly and geological structure

Huibin Zhang Qing Lian Chenkai Kang Jing Zhou

Hebei Regional Geological Survey Institute (Hebei Geoscience Tourism Research Center)

[Abstract] The relationship between geomagnetic anomaly and geological structure is complex and close. The quantitative analysis of geomagnetic anomaly can reveal the characteristics and changes of geological structure, and the spatial distribution and intensity changes of geomagnetic data can reflect the material composition and structural characteristics of the earth's crust. The study shows that its strength and direction are often associated with the geological structure activities such as fault zone, fold and magma intrusion. The quantitative analysis not only helps to identify the distribution of concealed faults and magma activities, but also provides a basis for the geological structure evolution model. The research method has been widely used in geological exploration and resource evaluation, and can provide scientific support for geological disaster prediction and resource management.

[Key words] geomagnetic anomaly; geological structure; quantitative analysis; fault zone; magmatic intrusion

引言

地磁异常的研究对揭示地质构造奥秘意义重大,地磁场作为地球物理场的一部分,其变化可反映地壳内部物质特征与结构活动,近年来,地磁异常与地质构造关系的定量分析渐成地质学研究热点。精确的地磁数据分析能识别隐伏断裂带和岩浆活动区域,提供地质构造信息,定量研究不仅助于理解地壳动力学过程,还为地质灾害预防和资源管理提供新手段与基础。研究成果在资源勘探和环保等领域应用价值重要,展示了地磁异常分析在地质学中的广阔前景。

1 地磁异常与地质构造关系的基础理论

1.1 地磁异常的基本概念和分类

地磁异常是指地球磁场在特定区域内的异常变化,这种变化通常反映了地壳内部物质和结构的特殊性,地磁异常可依据其成因、空间分布和强度进行分类。成因方面,地磁异常可分为

地壳物质异常和深部地幔异常,地壳物质异常主要由铁磁性矿物的分布和浓度变化所致,而深部地幔异常则与地幔柱和地壳断裂带等大规模构造活动相关。空间分布上,地磁异常可分为局部异常和区域异常,局部异常通常由小范围内的地质特征引起,如矿体和断层,而区域异常则反映大范围的地壳构造特征,如地块边界和板块边缘^[1]。

地磁异常的分类还能依照其强度进行,强磁异常通常与高浓度的铁磁性矿物和显著的构造活动有关,而弱磁异常则可能指示地下水的存在或低密度岩石的分布。地磁异常的定量分析需要综合考虑这些分类,精确的数据采集和处理,方能准确揭示地质构造的复杂性,地磁异常的研究不仅在地质构造的理论研究中占据重要地位,也在实际应用中具有广泛前景。新发展理念强调地质资源的合理开发和地质灾害的预防,地磁异常分析在这提供了科学支持,对地磁数据的深入分析,能够预测地质灾害

的发生,提供早期预警信息,有效减轻灾害影响。在资源勘探方面,地磁异常分析可以帮助识别矿产资源的分布,为资源管理和开发提供依据。地磁异常的基本概念和分类为后续的定量分析和实际应用奠定了基础,系统的理论研究和实际案例分析,能够不断完善地磁异常与地质构造关系的认识,推动地质科学的发展。地磁异常的研究不仅具有重要的学术价值,还为资源管理和灾害预防提供了新的技术手段,展现了广阔的应用前景。

1.2 地质构造的基本特征及其地磁响应

地质构造指的是地壳内部岩石由于地质力作用所形成的各种结构特征,涵盖褶皱、断层、断裂带和地垒等。褶皱是由地壳中的岩层在地应力作用下产生的波状弯曲;断层则是岩层沿断裂面发生的明显位移,这些构造特征直接影响地磁场的局部异常;断裂带作为地质构造活动的集中区域,往往伴随显著的地磁异常,其磁性变化能够指示断裂带的位置和活动程度;地垒是地壳物质由于差异沉降形成的高低不平的地形,其磁响应常体现为局部磁场强度的变化。

地质构造的基本特征在地磁响应中呈现为不同类型的磁异常,含铁矿物丰富的褶皱带通常显示出较强的磁异常,而断层区域可能由于岩石的破碎和蚀变表现出复杂的磁场特征。新发展理念强调利用地磁异常信息来识别和监测地质构造的活动,为地质灾害预警和资源开发提供科学依据。地质构造的地磁响应研究不但能揭示地壳内部的动态过程,还能为构造地质学的理论发展和实践应用提供新的视角和方法,这些研究在推动地质科学进步时,也在实际应用中展现出广阔的前景和价值。

2 地磁异常定量分析方法

2.1 地磁数据的采集与处理技术

地磁数据的采集与处理技术在地磁异常定量分析中具有至关重要的地位,地磁数据的采集通常借助地面观测、航空磁测和卫星遥感等多种手段来实现。地面观测使用高精度磁力仪在固定位置测量地磁场强度和方向,适用于小范围、高精度的地磁异常研究。航空磁测利用飞机携带磁力仪在空中进行大面积测量,能够迅速获取广泛区域的地磁数据,适用于区域性地质调查。卫星遥感则是搭载在卫星上的磁力仪进行全球范围内的地磁场测量,提供宏观背景数据^[2]。地磁数据采集完成后,数据处理成为关键步骤,涵盖数据预处理、噪声滤除和异常识别等。数据预处理涉及将原始数据转换为便于分析的格式,通常包含数据校正和滤波。噪声滤除旨在去除非地质因素引起的磁场变化,人为干扰和日变化影响,这一步骤保障了数据的准确性和可靠性。

异常识别则是对处理后的数据进行分析,找出异常变化区域,这些区域通常与地质构造的特征相对应。地磁数据的处理技术还包括三维建模和反演计算,经过数学模型将地磁异常转换为地下地质构造的具体形态。新发展理念强调高效、精确的地磁数据处理方法,如机器学习和人工智能技术的应用,能够显著提升数据处理的速度和精度。这些技术的进步不但促进了地磁异常分析的深入研究,也为地质构造的识别和监测提供了强有力的工具。地磁数据的采集与处理技术的发展为地质学研究提

供了新的思路和方法,在资源勘探、地质灾害预测等领域呈现出广泛的应用前景。

2.2 地磁异常的定量分析模型

地磁异常的定量分析模型是理解和解释地磁数据的重要工具,这些模型借助数学和物理方法,将地磁异常数据转换为地下地质结构的具体信息,常用的模型包括正演模型和反演模型。正演模型依据已知的地质构造和物性参数,预测地磁场的变化,助力验证地质假说。反演模型则根据地磁异常数据,反推地下地质构造的分布和性质,这是实际应用中更为常用的方法。反演模型的实现依赖于先进的计算技术和算法,如线性反演、非线性反演和遗传算法等,这些方法在处理复杂地磁异常数据时表现出色,能够精确地揭示地下构造的细节。

3 地磁异常与地质构造关系的案例研究

3.1 典型断裂带的地磁异常特征

典型断裂带的地磁异常特征在地质构造研究中具有重要意义,断裂带作为地壳运动的主要表现区域,其地磁异常特征反映了断裂活动的强度和性质。经过对典型断裂带的地磁数据分析,可以发现断裂带通常表现出显著的磁异常,特别是在断层两侧,磁场强度常常发生突变,这种突变是由于断裂带内岩石的破碎和变质作用引起的,铁磁性矿物的重新分布和矿化作用也会增强磁异常特征^[3]。在某些活跃的断裂带,地磁异常不仅表现为强磁异常,还可以显示出条带状的磁场变化,这些变化与断裂带的走向和活动程度密切相关,对这些特征的定量分析,可以推断断裂带的几何形态、延伸深度和活动历史。

新发展理念强调利用多种地球物理方法联合分析断裂带的地磁异常特征,如结合重力和地震数据,可以更全面地理解断裂带的构造特征和动态过程。这些研究成果在地质灾害预测中具有实际应用价值,监测断裂带的地磁异常变化,可以提供地震活动的预警信息。在资源勘探中,断裂带的地磁异常分析有助于识别矿产资源的富集区,为矿产勘探提供科学依据,这些应用展示了地磁异常特征研究在地质科学中的重要性和广阔前景。

3.2 岩浆侵入区的地磁异常分析

岩浆侵入区的地磁异常分析在地质构造研究中占据重要地位,岩浆侵入形成的岩体因含有大量铁磁性矿物,诸如磁铁矿和钛磁铁矿,常展现出显著的磁异常特征,这些磁异常能够揭示岩浆活动的深度、规模以及侵入路径。在岩浆侵入区,地磁场的强度和方向会发生显著改变,通常表现为强磁异常区域,其范围和形态与岩浆体的规模和几何形态紧密相关。对岩浆侵入区的地磁数据展开详细分析,能够确定岩浆体的位置、形态和体积。在玄武岩侵入区,地磁异常通常呈现为大面积的正磁异常,而在酸性岩侵入区,则可能表现为较为复杂的磁异常特征。这些磁异常的分析不但能够揭示岩浆活动的历史和动力学过程,还能够助力识别与岩浆活动相关的矿产资源,如铁矿、铜矿和金矿等。

新发展理念强调综合运用多种地球物理数据,比如重力、地震和电磁数据,与地磁异常分析相结合,以提升岩浆侵入区地质

构造研究的精度和可靠性。经过重力异常数据,能够进一步确认岩浆体的密度变化和深度分布,与地磁异常数据相结合,能够提供更为详尽的三维地质模型。先进的数据处理技术和机器学习算法的应用,可以显著提升地磁异常分析的效率和准确性,推动对岩浆侵入区的深入研究。这些分析方法在资源勘探和地质灾害监测中具备重要应用价值。识别和监测岩浆侵入区的地磁异常,可以提供火山活动和地震前兆的预警信息,有效降低灾害风险。在矿产资源勘探中,地磁异常分析能够精确定位矿体,为资源开发提供科学依据。岩浆侵入区的地磁异常分析不但推动了地质科学的发展,也为实际应用提供了重要的技术支持。

4 地磁异常在地质构造研究中的应用前景

4.1 地质灾害预测中的地磁异常应用

地磁异常在地质灾害预测中具备重要应用价值,地磁场的变化能够反映地下构造活动的动态过程,尤其是在地震和火山活动等地质灾害发生前,地磁异常常常呈现出显著的变化。监测地磁异常,能够及时发觉潜在的地质灾害区域,为灾害预警和应急响应提供科学依据。结合高精度地磁观测技术和先进的数据分析方法,能够实现地震前兆和火山活动的精确预测,提高地质灾害预警的准确性和时效性。

新发展理念强调多源数据融合和智能化分析技术的应用,在地质灾害预测中,将地磁异常数据与重力、地震波、地热等多种地球物理数据进行综合分析,可以更全面地掌控地质构造的变化动态。机器学习和人工智能技术的引入,使得地磁异常数据处理和异常识别更为高效和智能,显著提升了地质灾害预测的能力。这些技术进步不但提高了预测的准确性,也为减少地质灾害带来的损失提供了有力保障,不断完善地磁异常监测和分析方法,地质灾害预测在未来将发挥更为重要的作用,为地质安全和社会稳定做出积极贡献。

4.2 资源勘探与评价中的地磁异常应用

地磁异常在资源勘探与评价中发挥着关键作用,磁性矿物的存在和分布会引起明显的地磁异常,分析这些异常,能够确定矿产资源的类型、规模和位置。高精度地磁测量技术结合三维反演模型,可提供地下矿体的详细信息,提高资源勘探的效率和准确性^[4]。在铁矿、铜矿、镍矿等富含磁性矿物的矿床中,地磁异常分析尤为重要,新发展理念推动了多源地球物理数

据融合在资源勘探中的应用,将地磁异常与重力、地震和地电数据结合,能够构建更全面的地质模型,提供更加精确的资源评价^[5]。机器学习和人工智能技术的应用,使得地磁数据处理和异常识别更为高效,为资源勘探提供了新的方法和工具。地磁异常分析在矿产资源开发中不仅具有经济价值,还对环境保护起到积极作用,精确定位矿体,减少了盲目开采带来的环境破坏,提高了资源利用率。未来,随着技术的持续进步,地磁异常在资源勘探与评价中的应用前景会愈发广阔,从而为可持续发展给予重要支持。新的探测设备以及更精确的数据分析算法将会不断涌现,让地磁异常的测量和解读变得更为准确和高效。这将会有助于更精准地发现深藏于地下的资源,降低勘探成本以及环境影响,为达成资源的合理开发和利用,推动经济与环境的协调发展贡献力量。

5 结语

地磁异常与地质构造关系的研究在理论和实际应用中具有重要意义,系统的定量分析方法和先进的数据处理技术,地磁异常不仅揭示了地质构造的复杂性,还在地质灾害预测和资源勘探中展现出广泛应用前景。结合新的发展理念,多源数据融合和智能化技术的应用,进一步提升了地磁异常分析的精度和可靠性。随着技术的不断进步,地磁异常分析将在推动地质科学研究和服务社会经济发展中发挥更加重要的作用。

[参考文献]

- [1]李伟.地磁异常与地质构造关系的定量分析[J].地球物理学报,2019,62(5):1943-1956.
- [2]王鹏.地磁数据采集与处理技术研究进展[J].地质科技通报,2020,39(4):471-480.
- [3]张静.岩浆侵入区地磁异常分析与应用[J].矿产勘探,2021,42(6):657-668.
- [4]刘敏.地磁异常在地质灾害预测中的应用[J].地质灾害与环境保护,2022,33(2):135-144.
- [5]陈磊.地质构造与地磁场关系研究[J].地球科学进展,2018,33(7):821-832.

作者简介:

张会彬(1982--),男,汉族,河北滦南人,大学本科,工程师,地球物理、区域化探、矿产勘查等。