

地球物理反演技术在油气勘探中的应用

韩笑

中石化中原石油工程有限公司油气开发公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i9.7234

[摘要] 本文探讨了地球物理反演技术在油气勘探中的应用，重点分析了地震、重力、电磁等反演技术的实际效果和综合应用。通过对不同反演方法的比较，揭示了它们在复杂地质条件下对油气储层预测的优势和局限。实际案例显示，综合使用多种反演技术能够有效提升勘探精度，减少钻探风险，优化开采策略。反演技术通过精确推断地下结构和物性参数，显著降低了勘探成本，提高了资源开发的经济效益，为油气勘探领域提供了有价值的参考。

[关键词] 消防监督执法、法律法规应用、消防安全管理

Application of geophysical inversion technology in oil and gas exploration

Han Xiao

Sinopec Zhongyuan Petroleum Engineering Co., Ltd. Oil and gas Development Company

[Abstract] This paper discusses the application of geophysical inversion technology in oil and gas exploration, and focuses on the practical effect and comprehensive application of seismic, gravity and electromagnetic inversion technology. The comparison of different inversion methods reveals their advantages and limitations for hydrocarbon reservoir prediction under complex geological conditions. The actual case shows that the comprehensive use of a variety of inversion technologies can effectively improve the exploration accuracy, reduce the drilling risk, and optimize the mining strategy. By accurately inferring the underground structure and physical property parameters, the inversion technology significantly reduces the exploration cost, improves the economic benefit of resource development, and provides a valuable reference for the field of oil and gas exploration.

[Keywords] fire control supervision and law enforcement, application of laws and regulations, fire control safety management

1 引言

地球物理反演技术是油气勘探中关键的技术手段之一，通过将地球物理观测数据转化为地下地质结构的具体图像，为油气资源的识别和定位提供了重要支持。

近年来，随着计算能力的提高和算法的发展，地球物理反演技术在油气勘探中的应用逐渐深入，不仅有效提升了勘探精度，还显著降低了勘探成本^[1]。本文旨在探讨地球物理反演技术在油气勘探中的具体应用，分析当前技术的优势与局限，结合实际案例展示其应用效果，并展望未来发展方向，以期对相关领域的研究与实践提供参考依据。

2 理论基础

2.1 地球物理反演的基本原理

地球物理反演的基本原理是利用地球物理观测数据，通过数学模型和算法，推断地下介质的物性参数和地质结构。具体来说，反演过程包括正演与反演两部分。正演是指根据已知的

地下模型，计算出地表的观测数据；而反演则是反过来，根据地表面观测到的数据，求解出地下模型参数。由于地球物理问题的非线性和复杂性，反演问题通常是病态问题，意味着小的观测误差可能会导致结果的大幅偏差。因此，在反演中需要引入正则化技术，以稳定解的过程，获得更为可靠的地下模型。地球物理反演技术广泛应用于油气勘探、矿产资源勘查等领域，能够有效地提高地下资源的探测精度^[2]。

2.2 正演与反演的关系

正演与反演是地球物理勘探中的两个互为依存的过程。正演是根据已知的地下地质模型和物性参数，计算并模拟出地表或井下的地球物理响应，如地震波、重力场或电磁场等。这一过程帮助我们理解地下结构对物理场的影响。而反演则是从观测到的地球物理数据出发，利用数学模型和算法，推断地下的地质模型和物性参数。两者关系密切，正演为反演提供理论基础和验证工具，而反演则是通过迭代不断调整模型，使正演模

拟结果与实际观测数据相匹配，从而得出更加精确的地下结构信息。

2.3 反演算法分类与比较

地球物理反演算法可以根据不同的特性和应用场景分为多种类型，主要包括线性反演算法、非线性反演算法、确定性反演算法和随机反演算法等。

1. 线性反演算法：假设观测数据与地下模型之间的关系是线性的，常见方法包括最小二乘法。这类算法计算效率高，但对复杂非线性问题的适用性有限。

2. 非线性反演算法：处理观测数据与模型参数间的非线性关系，常用的有高斯-牛顿法、共轭梯度法。虽然计算复杂度较高，但能更准确地反映地下结构的复杂性。

3. 确定性反演算法：基于确定的数学模型，得出的反演结果是唯一的，具有较高的稳定性，但可能受到局部极值的限制，无法保证全局最优解。

4. 随机反演算法：如蒙特卡罗法和模拟退火法，通过概率分布对参数进行取样，探索全局最优解，适用于复杂模型，但计算时间较长。

3 地球物理反演技术在油气勘探中的应用现状

3.1 油气勘探中的地震反演技术

地震反演是油气勘探的主要方法之一。它利用地震波传播和反射数据来估算地下岩层的物理参数和构造特性。该方法通常包括速度反演和弹性参数反演。通过弹性参数反演，可以对岩层的密度、波阻抗和泊松比得出结论，从而有助于确定油气藏^[3]。

地震反演技术能够提供高分辨率的地下模型，对油气储层的定位和描述非常有效。它结合多维数据和复杂算法，在复杂地质环境下，也能提供可靠的勘探结果，有助于降低勘探风险和成本。

3.2 电磁反演技术在油气勘探中的应用

电磁反演技术在油气勘探中是一种重要的辅助手段，主要用于探测地下的电导率分布，以识别油气藏的存在。与传统的地震勘探技术相比，电磁反演可以低分辨率探测地下深处的石油和天然气矿藏，这是一个独特的优势，尤其是在盐前地层和深水等复杂地质环境中。

电磁反演技术通过获取地面或海底电磁场的观测数据，反演地下介质的电性结构。常用的电磁方法包括时间域电磁法、频率域电磁法和控制源电磁法。这些方法能够探测到地下介质中流体的存在，如油气储层中的油、水、气混合物，其电导率通常与周围岩石有显著差异。

电磁反演在油气勘探中的应用，还包括联合地震数据进行多物理反演，从而提高地下模型的精度和可靠性。这种联合反演技术能够有效地提升油气储层的识别能力和勘探成功率。

3.3 重力与磁力反演技术的应用

重力与磁力反演技术在油气勘探中广泛应用于识别地下

密度和磁化率的分布，帮助推断地质构造特征和油气藏位置。重力反演利用地球重力场的微小变化来推测地下岩石的密度差异，适用于探测大规模构造如盆地边界和盐丘。磁力反演则依赖地磁场的异常变化，探测地下磁化岩层的分布，常用于识别火成岩体或断裂带。

这两种方法通常用于区域的初步勘探。与地震数据相结合，可有效提高勘探精度和效率。重力场和磁场反演技术由于成本低、数据采集方便，尤其适用于复杂地表条件下的勘探，并可作为后续详细地震勘探的参考。

3.4 多参数联合反演技术的发展与应用

多参数联合反演技术在油气勘探中的发展，源于单一物理参数反演技术的局限性。通过将地震、重力、电磁等多种地球物理数据结合进行联合反演，能够更准确地描绘地下地质结构和物性参数。该技术通过综合不同参数的互补信息，解决了单一方法可能产生的不确定性和多解性问题。

在应用中，通用多参数反演技术提高了复杂地质条件下油气藏的预测精度，特别是在识别浅层油气藏和复杂地层方面。该技术的发展得益于算法和计算能力的提高，如同时考虑多个约束条件和正则化方法，这有助于减少反演结果的误差，提高勘探成功率和经济效益。

4 案例分析

4.1 某油田地震反演技术应用案例

以我国某大型油田的勘探过程为例，地震反演技术发挥了关键作用。该油田位于复杂的地质环境中，地下存在多层次的储层和断层，传统的地震勘探技术难以精确识别油气储层。为了提高勘探精度，工程团队采用了先进的地震反演技术。

首先，团队进行了高密度的三维地震数据采集，通过获取精细的地震波传播信息，建立了详细的地下速度模型。随后，利用反演算法，对数据进行处理，以推断地下岩层的速度、弹性参数和波阻抗。应用高分辨率的反演技术，团队成功识别了多个隐蔽的油气储层，并准确定位了储层的边界和结构特征。

通过地震反演结果，团队优化了钻探位置和钻井方案，大大提高了钻探成功率，显著降低了勘探成本。此外，地震反演技术的应用也帮助预测了油田未来的开采潜力，为油田的开发提供了科学依据和决策支持。

4.2 某油气田电磁反演技术的应用与分析

在我国某油气田的勘探项目中，电磁反演技术被有效应用于深部油气储层的探测。由于该区域地质结构复杂，传统地震方法对深层油气的识别存在困难，项目团队决定引入电磁反演技术。

通过部署电磁探测仪器，获取了该区域的电磁数据。利用时间域电磁法和控制源电磁法，团队对观测数据进行了反演处理，推断出地下介质的电导率分布。电磁反演结果揭示了多个潜在的油气藏位置，并准确定位了其深度和范围。

这项技术的应用显著提升了油气储层的识别精度，使得后

续的钻探工作能够更加精准地定位储层,减少了钻探成本,并提高了开采效率。电磁反演技术的成功应用,为复杂地质条件下的油气勘探提供了有力的支持,并为未来类似项目积累了宝贵经验。

4.3 综合地球物理反演技术在复杂地质条件下的应用案例

在某复杂地质区的油气勘探中,综合地球物理反演技术发挥了重要作用。该区域地层结构复杂,传统单一反演技术难以准确识别油气藏。为了提高探测精度,勘探团队结合了地震、重力和电磁数据,采用多参数联合反演方法。

首先,团队进行了高密度的三维地震数据采集,并使用地震反演技术构建了精细的速度和弹性参数模型。同时,利用重力和磁力数据进行反演,识别了地下的密度变化和磁异常。随后,将电磁反演技术应用于获取地下电导率信息,进一步确认油气藏分布。

通过综合分析地震、重力、电磁数据,团队成功识别出多个潜在的油气储层,并准确预测了其形态和边界。这种综合反演技术不仅提升了对复杂地质条件下油气储层的识别能力,还优化了钻探位置和开采策略,大大降低了勘探风险和成本。该案例展示了综合地球物理反演技术在复杂地质条件下的有效应用,为未来的油气勘探提供了宝贵的经验。

4.3 反演技术在油气储层预测中的应用效果分析

反演技术在油气储层预测中的应用效果显著提升了探测的准确性和效率。通过对地震、电磁、重力等多种地球物理数据进行反演,能够综合分析地下结构的密度、速度、电导率等参数,从而精确识别油气储层的位置和范围。例如,地震反演技术能够揭示储层的空间分布和厚度,而电磁反演技术则提供了关于储层流体性质的补充信息。

在实际应用中,反演技术能够有效减少钻探盲目性,优化

钻探位置,提高油气发现率。通过结合多种反演结果,可以克服单一技术的局限性,实现对复杂地质环境下油气储层的精准预测。这种综合反演技术的应用不仅提高了勘探成功率,还显著降低了勘探成本,提升了资源开发的经济效益。

5 结论与展望

地球物理反演技术在油气勘探中发挥了至关重要的作用,特别是在复杂地质条件下,通过综合应用地震、重力、电磁等反演技术,可以显著提升对油气储层的识别精度。反演技术通过精确推断地下结构和物性参数,优化了钻探位置和开采策略,降低了勘探成本,提高了资源开发效率。实际应用案例显示,综合反演技术能够有效解决单一方法的局限性,提供更全面的地下信息支持。

未来,地球物理反演技术的发展将趋向于更加智能化和高效化。随着计算能力和算法的进步,反演技术将更加精确地处理复杂地质环境中的数据。此外,人工智能和机器学习的应用将进一步提升反演结果的准确性和可靠性。未来的研究可以集中在提升反演技术在非常规油气资源勘探中的应用效果,以及与其他勘探技术的融合创新,以推动油气勘探领域的持续发展。

[参考文献]

[1]赵威.综合物探技术在某浅埋煤矿采空区的应用[J].工程勘察,2023,51(08):72-78.

[2]刘伟,甘伏平,张庆玉,等.岩溶区页岩气勘探中的近地表地球物理探测技术应用研究[J].地质与勘探,2023,59(01):113-121.

[3]朱刚.地球物理探测技术在岩土工程中的应用[J].工程技术研究,2022,7(20):185-187.

上接第233页

用卫星遥感影像进行土地利用动态监测是一种强有力的新技术手段,尤其是能快速监测实地发生的土地覆盖变化,成为土地利用变化检测的重要补充与校核。该手段与现行的土地利用变更手段相互补充,相互结合,将大大增强耕地管理的技术力度。随着高分辨率遥感卫星的发展,具有丰富的几何结构和纹理信息的高分辨率遥感影像扩充了人们的视野,同时又为遥感信息提取技术提供了新的发展机遇。当然,关于变化发现技术还存在许多未能解决的难题,其可靠性还无法得到完全保证。但是,我们相信随着人工智能、图像融合等技术的进一步发展,变化检测的可靠性也必然得到提高,变化检测技术也将进一步成熟、更加广泛地应用于自然资源管理。

[参考文献]

[1]曾灵芝.基于3S技术的土地资源智能监管系统设计与实现[J].科技资讯,2024,22(01):43-46.

[2]刘阳.基于遥感技术耕地面积时空格局变化的研究[D].

东北农业大学,2019.

[3]何飞霏,邓乐莹,许怡欣,等.基于卫星遥感影像的南方村落耕地“非粮化”信息提取研究[J].农村经济与科技,2021,32(15):11-14.

[4]王俊枝,张弛,郑洪伟,等.基于RS与GIS的内蒙古自治区耕地质量监测研究——以乌兰浩特市为例[J].内蒙古科技与经济,2023,(14):96-100.

[5]舒传增,韩留生.3S技术在开发区土地利用现状动态监测体系建设中的应用[J].北京测绘,2019,33(01):6-9.

[6]Monitoring and analysing the Emirate of Dubai's land use/land cover changes: an integrated, low-cost remote sensing approach[J]. Samy Ismail Elmahdy; Mohamed Mostafa Mohamed. International Journal of Digital Earth, 2018

作者简介:朱梅琳(1989-),女,江苏常州人,中级工程师,本科学历,主要从事地理信息空间数据的收集、存储、建库与分发,实施信息化技术体系的建设和管理。