

沉积相与层序地层学在地震相识别中的应用研究

史俊鹏

(成都理工大学能源学院(页岩气现代产业学院), 四川 成都 610059)

摘要 本文探讨了沉积相与层序地层学在地震相识别中的应用, 首先阐述了沉积相的概念、分类及其与沉积环境的关系, 以及层序地层学的原理、层序的划分与界面识别, 并分析了沉积相与层序地层学的相互作用; 其次介绍了地震相的基本概念、识别技术原理及应用实例, 指出了地震相识别在地质勘探中的重要性及其局限性; 再者重点讨论了沉积相特征与层序地层格架在地震相识别中的融合应用, 通过实例分析展示了综合识别的成果与优势; 最后针对数据质量、地质复杂性及技术应用等方面的挑战提出了相应的对策, 旨在为地震相识别提供新的思路和方法。

关键词 沉积相; 层序地层学; 地震相识别; 融合应用

中图分类号 P315

文献标志码 A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.011.041

0 引言

在地质勘探领域, 地震相识别技术作为揭示地下地层结构的重要手段, 一直受到广泛关注。然而, 单一的地震相识别方法往往难以全面准确地反映地下地层的复杂情况。因此, 将沉积相与层序地层学引入地震相识别中, 成为提高识别精度和可靠性的有效途径。沉积相反映了地层的沉积环境和沉积过程, 而层序地层学则揭示了地层在地质历史中的演化规律。本文将深入探讨沉积相与层序地层学在地震相识别中的应用, 为地质勘探提供新的思路和方法。

1 沉积相与层序地层学基础理论

1.1 沉积相概念及分类

沉积相的概念最初是通过丹麦地质学家斯丹诺于 20 世纪 60 年代引入地质文献, 其认为“相是一定地质历史时期中地表某一部分的全貌”。而在一百多年后, 瑞士地质学家格列斯利在研究欧洲的侏罗纪地层阶段首次使用了“沉积相”这个术语来进行对地层在岩石成分上和化石特征上的侧向变化性质解析。此后, “相”的概念随着沉积学、古地理学的发展而被深入应用。现阶段较为一致的看法是: 沉积相的概念中应包括沉积环境和沉积特征这两方面的内容。

沉积相的分类现阶段通常是依照自然地理环境划分的。常见的分类是首先把相划分为陆相、海相及海陆过渡相三个大相, 然后再根据自然地理环境的局部

变异再进一步划分为不同的相。各相之内还可按照其次级环境的差异划分为不同的相。

1.2 层序地层学原理

层序地层学作为地质学的一个重要分支, 致力于研究以侵蚀面或无沉积作用面以及可与之对比的整合面为界的、有成因联系并具旋回性的地层的年代地层格架内的岩石关系。自 20 世纪 50 年代末层序地层学概念提出以来, 经过数十年的发展, 其理论体系日臻完善。层序的划分主要依据不整合面或与之相对应的整合面, 这些界面标志着沉积作用的中断或变化, 是层序识别的基础。层序地层格架则构建了地层在时间和空间上的有序排列, 为沉积相的研究提供了重要框架。沉积相与层序地层学密切相关, 沉积相的分布和演化受控于层序地层格架, 而层序地层学的研究也离不开对沉积相特征的深入解析。

1.3 沉积相与层序地层学的相互作用

沉积相与层序地层学之间存在着密切的相互作用关系。沉积相作为沉积环境及其在该环境中形成的沉积物特征的总和, 对层序地层的形成和演化具有重要影响。不同的沉积相类型, 如河流相、湖泊相、海相等, 其沉积特征、物源供给、水动力条件等都会影响到层序地层的结构和特征。同时, 层序地层也对沉积相的分布和演化起着控制作用。层序地层格架构建了地层在时间和空间上的有序排列, 为沉积相的发育提供了背景和框架。层序界面的识别, 如侵蚀面、最大洪泛

面等，都是沉积相变化的重要标志^[1]。

2 地震相识别技术与方法

2.1 地震相的基本概念

地震相是沉积相在地震剖面上表现的总和，是特定沉积环境或地质体在地震资料上的响应特征。地震相通过地震反射参数，如反射结构、振幅、频率、连续性等，来揭示地下地层的岩性组合、层理结构和沉积特征。这些地震反射参数的变化，反映了沉积物在形成过程中的物理、化学和生物作用，是地震相识别的重要依据。地震相与地质相之间存在着紧密的对应关系。地质相是沉积物在形成过程中所处的沉积环境及其特征的反映，而地震相则是这种地质特征在地震资料上的表现。通过地震相识别，我们可以间接推断出地下地层的沉积环境和沉积过程，为地质勘探提供重要信息。

2.2 地震相识别技术原理

地震相识别技术原理主要基于地震波的传播特性与反射特征。地震波在地下介质中传播时，会遇到不同岩性、物性和结构的界面，从而产生反射、折射和散射等现象。这些地震波的传播特性，如波速、波长、振幅和频率等，都会受到地下介质性质的影响，进而在地震剖面上形成不同的反射特征。为了准确识别地震相，需要对地震数据进行一系列的处理和解释^[2]。这包括地震数据的预处理、去噪、增强和成像等步骤，以提高地震资料的信噪比和分辨率。随后，通过地震解释技术，如层位追踪、断点识别、构造解释等，进一步揭示地下地层的结构和特征。地震相识别技术的操作流程通常包括地震资料的收集、处理、解释和分析等环节。

2.3 地震相识别方法的应用实例

在地质勘探实践中，地震相识别技术展现出了强大的应用潜力。面对不同的地质条件，地震相识别策

略需灵活多变。例如，在渤海湾地区，针对复杂的三角洲、浊积体、曲流河等沉积体，研究人员运用人工神经网络和主组分分析技术，对地震道波形变化特征进行深入分析，成功识别出这些沉积体的地震相特征，为后续的勘探开发提供了重要依据。典型地震相识别案例如 FD 工区的浊积砂体识别。在该工区，研究人员通过对地震数据的精细处理，结合钻井资料，成功识别出浊积砂体的分布范围。这一成果不仅验证了地震相识别技术的有效性，也为类似地质条件下的勘探工作提供了宝贵经验^[3]。

3 沉积相与层序地层学在地震相识别中的融合应用

3.1 沉积相特征在地震相识别中的体现

沉积相标志在地震数据中有着明显的反应，如河道的强振幅连续反射、三角洲前缘的楔形反射等。这些特征不仅为地震相解释提供了重要线索，还能辅助我们更准确地划分和理解地下地层结构。通过沉积相与地震相的综合识别流程，我们可以更全面地揭示地下地质信息，为油气勘探和开发提供有力支持，见表 1。

3.2 层序地层格架对地震相识别的约束

在地质勘探实践中，层序地层格架对地震相识别具有显著的约束作用。以渤海湾某油田为例，研究人员通过精细的地震资料解释，成功识别出层序界面，这些界面在地震剖面上表现为清晰的削蚀、上超或下超现象。这些层序界面不仅标志着沉积环境的转换，也为地震相的识别提供了重要依据。在层序地层格架内，地震相的分布受到严格控制^[4]。不同层序内，沉积环境、物源供给和水动力条件等因素的变化，导致地震相特征存在显著差异。通过构建层序地层格架，研究人员可以更准确地预测地震相的分布规律，为后续的油气勘探开发提供指导。在层序地层格架内进行地震相精细解释，能够更深入地揭示地下地层的沉积历史和演化过程。

表 1 沉积相标志与地震相识别对应关系

沉积相标志	地震反射特征	辅助解释作用	综合识别流程环节
河道沉积	强振幅、连续反射	指示河流相存在	地震数据处理→沉积相标志识别→地震相解释
三角洲前缘	楔形反射、振幅渐变	辅助判断三角洲相	地震剖面分析→沉积相特征匹配→地震相划分
滨岸沙滩	平行反射、高频率	确认滨岸环境	地震相初步识别→沉积相特征对比→综合解释
深湖相	弱振幅、连续性差	指示深湖沉积区	地震数据解释→沉积相类型推断→地震相确定

4 沉积相与层序地层学在地震相识别中的挑战与对策

4.1 数据质量与处理挑战

在沉积相与层序地层学融合应用于地震相识别中,地震数据的质量与分辨率是首要挑战。实际采集中,地震数据常受噪声干扰,导致信号弱、分辨率低,影响地震相特征的准确识别。同时,数据处理过程中,如去噪、增强、成像等环节,均可能引入误差与不确定性,进一步影响识别结果的可靠性。为应对这些挑战,我们需采取一系列对策。首先,优化地震数据采集设计,提高信噪比,确保原始数据质量。其次,研发更先进的数据处理技术,如深度学习去噪、高分辨率成像等,以减少处理过程中的误差。最后,加强数据质量控制,对处理结果进行严格验证,确保识别结果的准确性。通过这些措施,我们可有效提升地震相识别的精度与可靠性。

4.2 地质复杂性与多解性挑战

地质条件的复杂性与多样性,给沉积相与层序地层学在地震相识别中带来了显著挑战。地下地质结构千变万化,沉积环境、岩性组合及构造变形等均可能影响地震波的传播路径和反射特征,使得地震相识别变得复杂且难以准确。地震相识别中常遇到多解性问题,即同一地震反射特征可能对应多种不同的地质解释。这种多解性增加了识别的不确定性,降低了识别结果的可靠性。为减少多解性、提高识别准确性,我们需采取综合策略^[5]。一方面,加强地质调查与钻井资料的分析,为地震相识别提供更多约束条件;另一方面,发展多学科交叉融合的技术方法,如结合地质统计学、地球物理反演等,以更全面地揭示地下地质信息。通过这些策略,我们可以有效应对地质复杂性与多解性挑战,提升地震相识别的准确性。

4.3 技术应用与推广挑战

沉积相与层序地层学在地震相识别中的技术应用,虽展现出巨大潜力,但也面临局限性与适应性挑战。不同地质条件下,技术的适用性存在差异,某些复杂地质环境可能限制技术的有效应用。同时,技术推广过程中也遇到诸多障碍,如技术人员培训不足、数据共享机制不健全以及行业标准化程度不高等。

为促进技术应用与推广,我们需采取积极措施。加强技术人员培训,提升行业整体技术水平;建立数据共享平台,促进信息交流与资源整合;推动行业标准化建设,确保技术应用的规范性和一致性。

5 结论

在沉积相与层序地层学融合应用于地震相识别的研究中,我们深刻体会到这一综合方法对于提高地震解释精度和油气勘探成功率的重要性。通过深入分析地质条件的复杂性、地震数据的质量与处理挑战,以及技术应用的局限性与推广难题,我们认识到,只有不断优化技术手段、加强多学科交叉融合,才能有效应对这些挑战。我们应继续深化沉积相与层序地层学的研究,探索更高效的数据处理方法和更准确的地震相识别技术。同时,加强技术推广与标准化建设,推动这一综合方法在油气勘探领域的广泛应用,为油气资源的可持续发展提供有力支撑。

参考文献:

- [1] 邵长印,宋璠,邱隆伟,等.渤海湾盆地沾化凹陷古近系沙河街组二段滩坝沉积规律、主控因素及油气勘探潜力[J/OL].石油学报,1-19[2025-03-10].https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=2PoR0lTy6MMWis8iRlH1Ktn-7h9iOH9yq3sc-iMFqLCu9HzuwouE3g8yZKkE4NM9LCl-HBOOGTSGiAdlouRwV9C867hVtOU0GSfHF91U_o4_0jx1wUarltpYYuFwggAlch1PATc7qcrRAJzSs1qjF3WWskueWxgvWBRJdSizsQ8reiUE2k-2w==&uniplatform=NZKPT&language=CHS.
- [2] 刘娜,邓玄,鲁瑞彬,等.珠江口盆地珠三坳陷滨浅海沉积特征及主控因素[J/OL].断块油气田,1-17[2025-03-10].https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=2PoR0lTy6MNrd60E-h2eiphYNjsvweMlze8-6WRmmbIQN-mgmXykEDB5mVRfES5FgJLLwqz7-F7ESx-EN47B6MvOmILFpRAcN8QP9ox477M5k3XY-Arej14QgrqAcGFNdODuItlKpaFgqxMCLXFZLDK-DG-RpfiZyGqVrOm_37PsHxj-c1nn4-qAA==&uniplatform=NZKPT&language=CHS.
- [3] 郑孟林,王然,常秋生,等.准噶尔盆地西部下二叠统沉积岩有序分布、储层特征及控制因素[J/OL].地质学报,1-14[2025-03-10].https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=2PoR0lTy6MMn5B0ihCshVDLbOWZPFQ0UAjHmfnj1tTNjsgTCjM8zsaZHOgnyLETA6in-Jly7F1h19dAxB2027XL53Mqw_SM0jhxXoPSPtO-KK4Ia7d5n93w8V2DGJIREQKvAMPJW5SPEU_h5vJKQ0RmLwPVYNyFr-uMV6f98cjVdX1gV3EGPrGA==&uniplatform=NZKPT&language=CHS.
- [4] 熊亮,钟怡江,董翼昕,等.川南下寒武统筇竹寺组沉积格局及沉积体系[J].西南石油大学学报:自然科学版,2024,46(06):15-31.
- [5] 陈生华,王健伟,刘舒,等.东海西湖凹陷孔雀亭地区始新统平湖组中段沉积特征[J].岩性油气藏,2025,37(02):103-114.