

地质录井地层对比技术应用探讨

马洪达

中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司 天津 300000

摘要:地质录井地层对比技术是地质勘探的关键技术,其原理基于沉积旋回性、岩性组合特征、古生物化石特征、地球物理特征等。对比方法分传统手工对比与现代自动对比,前者含岩性、古生物、地球物理测井、层序地层对比法;后者包括基于人工智能和机器学习、大数据分析、数字孪生、图像处理和模式识别的对比技术。对比曲线在自动对比录井技术中可用于地层划分、岩性及油气层识别、沉积环境与地质构造分析等。该技术在煤炭勘探中能确定煤层位置与厚度变化、分析煤系地层沉积环境和构造、指导煤炭开采工程,具有重要应用价值。

关键词:地质录井;自动对比;技术应用

引言

在地质勘探领域,准确了解地层结构和演化规律对于寻找矿产资源、开展工程建设等具有至关重要的意义。地质录井地层对比技术作为地质勘探工作中的核心技术之一,为研究地层提供了有力的手段。它能够帮助地质工作者确定地层时代、分析沉积环境、识别地质构造等,在煤炭、油气等多种资源的勘探开发中发挥着不可替代的作用。随着科技的不断进步,地质录井地层对比技术也在不断发展和创新,从传统的手工对比方法逐渐向现代自动对比技术转变,应用领域和效果都有了显著的拓展和提升。

1 地质录井地层对比技术概述

地质录井地层对比技术是地质勘探工作中的关键技术,对于研究地层结构、确定地层时代、寻找矿产资源等具有重要意义。

1.1 技术原理

其技术原理主要基于以下几个方面:(1)沉积旋回性:地壳的周期性升降运动,使得地层在垂向上呈现出有规律的岩性变化,形成沉积旋回。如地壳下降发生水进,形成自下而上由粗变细的正旋回;地壳上升发生水退,形成自下而上由细变粗的反旋回。同一沉积盆地内,同一次升降运动所表现出的沉积旋回特征相似,可据此进行地层对比。(2)岩性组合特征:不同的沉积环境会形成不同的岩性组合。在同一沉积盆地中,同时期且沉积环境和沉积物来源基本一致的情况下,岩石性质和岩层组合具有相似性,依据此特征可对地层进行划分与对比。(3)古生物化石特征:生物演化具有不可逆性和阶段性,不同时代的地层往往含有不同种类的生物化石。含有相同化石或化石组合的地层,其地质时代大致相同,因此可利用地层中古生物化石的种类、属种

组合、演化阶段等鉴别地层时代,进而进行地层对比。

(4)地球物理特征:地层的岩性和物性差异会导致地球物理特征的不同,如电阻率、自然伽马等参数的变化。通过分析这些地球物理特征,可以了解地层的性质,为地层对比提供依据。

1.2 主要方法

主要的对比方法有以下几种。(1)岩性对比法是通过仔细观察和详细描述岩心、岩屑等实物的颜色、成分、结构、构造等岩性特征,找出相同或相似岩性层位来进行地层对比,此方法需先确定标准层,再依标准层连接各剖面并逐层对比,但仅适用于地质条件相同的较小范围。(2)古生物对比法依据地层中所含古生物化石的种类、属种组合、演化阶段等对比地层,常用的有标准化石对比法和微体古生物化石对比法,标准化石对比法简便可靠、不受岩性影响,可用于大区域对比,微体古生物化石对比法则在钻井剖面地层对比中效果较好。(3)地球物理测井对比法利用自然伽马、电阻率、声波时差等测井曲线的形态、幅值、组合特征等,识别地层界面和岩性以实现对比,对比时要搞清岩性与电性的关系,并参考岩心、岩屑等资料。(4)层序地层对比法依据层序地层学原理,识别层序界面、体系域等,建立等时地层格架进行对比,有助于更准确地确定地层的时空关系和沉积演化规律。

2 地质录井地层对比技术的主要方法

2.1 传统的手工对比方法

(1)岩性对比法:通过仔细观察和描述岩心、岩屑等实物的颜色、成分、结构、构造等岩性特征来对比地层。先确定各剖面中的标准层,即岩性特殊、岩层稳定、厚度较薄、分布广泛的岩层。再依标准层连接各剖面,然后根据相似或相同的岩性段逐层对比。不过该方

法只适用于具有相同地质条件的较小范围。(2)古生物对比法:研究地层中所含古生物化石的种类、属种组合、演化阶段等进行地层对比。常用标准化石对比法,选择地理上分布广泛、地史上存在时间短、演化快、标志清楚、数量多、保存较好的化石作为标准化石^[1]。也可使用微体古生物化石对比法,利用岩心和岩屑中的微体古生物化石,依据介形虫、轮藻和孢粉等进行对比。

(3)地球物理测井对比法:分析自然伽马、电阻率、声波时差等测井曲线的形态、幅值、组合特征等识别地层界面和岩性。先在全取心井或取心井段长、收获率较高的井中进行全套测井,对照取心段等研究其在测井曲线上的特征,作出定性和定量解释,编出典型曲线图版。再据此解释其他不取心的测井曲线,得出岩性剖面用于对比。(4)层序地层对比法:依据层序地层学原理,识别层序界面、体系域等,建立等时地层格架。通过分析地层的沉积旋回、岩性组合等特征,确定层序界面和体系域的位置,将不同地区或井的地层置于同一等时格架中对比。该方法有助于从整体上把握地层的发育和演化规律,对于研究沉积盆地的演化和油气等资源的分布具有重要意义。

2.2 现代自动对比技术

(1)基于人工智能和机器学习的对比技术:深度神经网络可对大量已知地层数据进行学习训练,自动提取地层特征,实现地层的准确对比和分类。支持向量机、随机森林等机器学习模型通过对已知地层类型和特征数据的学习,能对新的地层数据进行分类和对比,依据地层的多种特征参数判断其所属地层类型等。(2)基于大数据分析的对比技术:地层大数据关联分析可以从海量的地质录井数据中挖掘出有价值的信息,通过找出不同数据之间的潜在联系和规律,实现地层的自动对比。比如将地层的岩性、古生物、测井等多方面数据关联起来,综合判断地层的对应关系。聚类分析可对地层数据进行聚类,将具有相似特征的地层数据聚为一类,从而实现地层的自动划分和对比,无需人工预先确定标准层等,能发现一些隐藏的地层分布规律。(3)基于数字孪生技术的对比技术:建立井下数字孪生平台,以三维形态直观呈现复杂的地质层位,能将不同区域、不同井的地层数字孪生模型进行对比,清晰地看出地层的差异和相似之处,便于地质人员快速准确地判断地层的对应关系,提高对比效率和准确性。还可结合实时数据更新数字孪生模型,实现对地层动态变化的监测和对比。(4)基于图像处理和模式识别的对比技术:利用各种传感器获取地层图像,包括岩心图像、测井成像等。通过算法

对图像进行预处理,去除噪声等干扰,然后提取图像的特征,如纹理、形状、颜色等,再进行分类识别和对比分析,从而实现地层的自动识别和对比。

3 对比曲线在自动对比录井技术中的应用

3.1 地层划分与对比

在自动对比录井技术中,对比曲线可用于准确划分地层界面。不同地层具有不同的物理、化学性质,在对比曲线上会表现出明显的特征变化。比如,自然伽马曲线在泥岩地层中数值较高,在砂岩地层中数值较低,通过观察自然伽马对比曲线的突变点,可确定泥岩与砂岩的地层界面。利用多条对比曲线的综合分析,如结合电阻率曲线、声波时差曲线等,能更准确地识别地层界面,提高地层划分的精度。此外,将不同井的对比曲线进行对比,可以实现地层的区域对比,确定不同井之间相同地层的对应关系,建立区域地层对比格架,为地质构造研究和油气资源评价提供基础。

3.2 岩性识别与判断

各种岩性在对比曲线上有其独特的响应特征。如砂岩通常在电阻率曲线上表现为高值,在自然伽马曲线上为低值,而泥岩则相反。通过分析对比曲线的形态、幅度、变化趋势等,可以对岩性进行识别和判断。还可以利用多元统计分析方法,结合多条对比曲线的特征参数,建立岩性识别模型,实现岩性的自动识别和分类,提高岩性解释的准确性和效率。

3.3 油气层识别与评价

对比曲线在油气层识别与评价中也发挥着重要作用。油气层通常具有与非油气层不同的地球物理特征,在对比曲线上会有相应的显示。比如,在电阻率曲线上,油气层一般表现为高电阻率,而在声波时差曲线上,油气层的时差往往较大^[2]。通过分析对比曲线的异常特征,结合其他录井资料,可以识别出油气层的位置和厚度。利用对比曲线的特征参数,如电阻率的幅值、声波时差的变化率等,还可以对油气层的含油性、渗透性等进行评价,为油气资源的勘探和开发提供重要依据。

3.4 沉积环境分析

对比曲线能够反映地层沉积时的环境条件。例如,在海相沉积环境中,地层的对比曲线往往具有相对稳定、连续的特征,而在陆相沉积环境中,对比曲线的变化可能更为复杂和频繁。通过对对比曲线的形态、周期性、旋回性等特征的分析,可以推断地层的沉积环境,如判断是河流相、湖泊相还是三角洲相等。此外,对比曲线还可以用于研究沉积旋回,分析沉积环境的演化规律,为沉积相研究和油气储层预测提供重要信息。

3.5 地质构造分析

对比曲线在地质构造分析中也具有一定的应用价值。在断层、褶皱等构造部位,对比曲线会出现明显的异常特征。比如,断层附近的对比曲线可能会出现错断、扭曲等现象,褶皱构造则会使对比曲线呈现出规律性的弯曲和变化。通过对对比曲线的精细分析,可以识别地质构造的位置和形态,为地质构造研究和油气藏的分布规律研究提供重要线索。

4 地质录井地层对比技术在煤炭勘探中的应用

4.1 确定煤层位置和厚度变化

在煤炭勘探中,准确确定煤层位置和厚度变化是资源储量评估与后续开采设计的基础。地质录井地层对比技术可依据不同钻孔的岩性特征、地球物理测井数据等,实现对煤层的精确追踪和对比。以山西某煤田为例,地质人员利用岩性对比法,仔细观察各钻孔岩心、岩屑的颜色、成分等。太原组煤层多以黑色、灰黑色为主,富含植物化石,夹矸层以泥岩、粉砂岩为主。通过对比这些特征,可确定不同钻孔中太原组煤层的对应位置。同时结合地球物理测井对比法,依据煤层特有的低自然伽马值、高电阻率等测井曲线特征,更准确地划分煤层界面,清晰掌握煤层厚度变化趋势。这为煤炭资源储量评估提供了精准数据,使储量计算更接近实际情况,也为煤矿开采设计中井巷布置、采煤设备选型等提供了可靠依据。

4.2 分析煤系地层沉积环境和构造

煤系地层的沉积环境和构造运动对煤层的形成、分布及赋存状态有重要影响。地质录井地层对比技术可通过对比煤系地层中的岩性组合、沉积旋回等,恢复沉积环境,分析构造运动的影响。以淮南煤田二叠系煤系地层为例,通过岩相-旋回特征对比法,对含煤岩系进行详细研究,建立相-旋回标准剖面。研究发现,其沉积环境为复合型三角洲沉积,包括水下三角洲平原、水上三角洲树枝状河系和水上三角洲网结状河系等沉积单元。同时通过地层对比还发现,二叠系煤系地层受印支运动和燕山运动的强烈影响,煤系地层发生了褶皱和断裂。这

些构造运动使煤层形态和产状发生变化,形成了复杂的地质构造格局^[3]。了解这些信息,有助于深入认识煤系地层的演化历史,为煤炭勘探和开采提供地质理论支持。

4.3 指导煤炭开采工程

地质录井地层对比技术在指导煤炭开采工程中发挥着关键作用。通过对比不同区域的地层情况,可预测地质构造和煤层变化,为煤矿巷道布置、采煤方法选择等提供科学依据。在神东煤田,利用地质录井地层对比技术,提前预测了煤层中的断层和褶皱等地质构造。例如,在某采煤工作面,通过对相邻钻孔的地层对比,发现煤层中存在一条隐伏断层。据此,技术人员合理调整了采煤工作面的布置,避开了断层区域,避免了采煤设备在断层处的损坏,提高了采煤效率和安全性。再根据煤层厚度、倾角等变化,选择合适的采煤方法。对于厚度较大、倾角较缓的煤层,采用综采工艺;对于厚度较薄、倾角较大的煤层,采用炮采或普采工艺。这使采煤作业更具针对性,提高了煤炭资源的回收率,降低了开采成本。

结束语

综上所述,地质录井地层对比技术在地质勘探中具有不可替代的作用。从技术原理到多样的对比方法,再到对比曲线的广泛应用,以及在煤炭勘探等领域的重要应用,都充分体现了其价值。随着科技发展,现代自动对比技术不断涌现,为地层对比提供了更高的精度和效率。将来,该技术会与更多新技术融合,在复杂地质条件下的资源勘探、地质灾害预测等方面发挥更大作用,为地质科学研究和资源开发利用提供更坚实的技术支撑,推动地质行业不断向前发展。

参考文献

- [1]李金金,焦发华,景杉.地质录井技术在定向井中的应用探究[J].石化技术,2024,31(8):161-163.
- [2]常鑫.地质录井新技术分析及其应用探讨[J].西部探矿工程,2023,35(6):21-22+25.
- [3]商成男.地质录井地层对比技术研究与应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2020(11):275-276.