

江陵凹陷荆州背斜带沙市组下段含盐岩系测井岩性识别

刘 瑞, 陈尧尧, 张泽宇, 谭德文

湖北省地质局水文地质工程地质大队, 湖北 荆州

收稿日期: 2025年10月30日; 录用日期: 2025年12月9日; 发布日期: 2025年12月22日

摘 要

多年来, 国内外学者不断致力于盐岩矿床的评价与研究。对于盐岩矿床的岩性识别研究是盐矿勘查和开发中的关键环节之一。通过对钻孔中地球物理测井数据的分析和综合处理, 可以进一步了解地下岩石的性质、组成和分布, 为盐矿勘查和开发提供重要的技术支持。针对江陵凹陷沙市组下段含盐岩系四口钻孔的取心岩心编录和测井资料, 采用交会图法对研究区的地层开展了岩性识别研究。结果表明, 研究区内有盐岩、钙芒硝岩和泥岩3种类型, 利用DEN-GR、RLLD-GR两两交汇, 能够有效的划分地层岩性。利用交会图法构建的岩性识别模型, 对于沙市组下段含盐岩系的岩性识别准确率高达92.5%。所建立的测井岩性识别模型能够准确识别研究区地层岩性, 对含盐岩系后期勘查开发测井识别与评价具有重要的参考价值。

关键词

江陵凹陷, 盐岩, 交会图, 测井, 岩性识别

Well Logging Lithology Identification of the Salt-Bearing Rock Series in the Lower Member of Shashi Formation, Jingzhou Anticline Belt, Jiangling Depression

Rui Liu, Yaoyao Chen, Zeyu Zhang, Dewen Tan

Hydrogeology and Engineering Geology Institute of Hubei Geological Bureau, Jingzhou Hubei

Received: October 30, 2025; accepted: December 9, 2025; published: December 22, 2025

文章引用: 刘瑞, 陈尧尧, 张泽宇, 谭德文. 江陵凹陷荆州背斜带沙市组下段含盐岩系测井岩性识别[J]. 石油天然气学报, 2025, 47(4): 760-765. DOI: 10.12677/jogt.2025.474085

Abstract

Over the years, domestic and international scholars have continuously dedicated efforts to the evaluation and research of salt rock deposits. Lithology identification of salt rock deposits constitutes one of the critical links in salt deposit exploration and development. Through the analysis and comprehensive processing of geophysical well logging data from boreholes, a deeper understanding of the properties, composition, and distribution of subsurface rocks can be achieved, thereby providing essential technical support for salt deposit exploration and development. Based on the core logging records and well logging data from four boreholes in the salt-bearing rock series of the Lower Member of Shashi Formation within Jiangling Depression, this study conducted lithology identification of the strata using the cross-plotting method. The results indicate that three lithofacies are present in the study area: salt rock, glauberite rock, and mudstone. By applying pairwise cross-plots of DEN-GR and RLLD-GR, the lithology of strata can be effectively discriminated. The lithology identification model constructed via the cross-plotting method achieves an accuracy rate of up to 92.5% for lithology identification of the salt-bearing rock series in the Lower Member of Shashi Formation. The established well logging lithology identification model can accurately identify the lithology of strata in the study area, holding significant reference value for the later-stage exploration, development, well logging identification, and evaluation of salt-bearing rock series.

Keywords

Jiangling Depression, Salt Rock, Cross-Plot, Well Logging, Lithology Identification

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

盐岩是一种化学成因的岩石，主要的成盐机制有蒸发成盐、兑卤成盐与混合成盐[1]。盐岩矿床是盐类物质在适宜的地质条件和干旱的气候条件下，水盐体系先天然蒸发、再进一步浓缩，盐分不断积累，最终形成的天然卤水和化学沉积矿床[2]。盐矿的开发可以为工业和农业提供重要的原料，开采后形成的地下盐穴还可以成为良好的储库[3] [4]，用于储存石油和天然气。

实际钻探过程中，能够获取的岩心实验数据非常少，在深层钻探中成本高昂，地球物理测井方法在岩性识别中能够发挥重要的作用。而利用测井曲线能够快速获取连续的地层剖面岩性，可以减少成本、节约时间。因此，综合利用测井曲线开展测井岩性识别与评价具有重要研究价值。

本文根据前人的研究，结合江陵凹陷沙市组下段含盐岩系的特点，利用 4 口井的取心岩心编录和测井曲线数据，开展地层岩性识别研究。通过对不同岩性测井响应特征的分析，优选三条测井曲线 (GR、DEN 和 RLLD) 两两交汇，建立交会图岩性识别模型，为研究区内地层岩性识别提供重要的技术手段。

2. 区域地质概况

江陵凹陷位于中扬子地台江汉盆地西南部，是盆地内最大的次一级构造单元，面积为 6500 km²，是在侏罗纪末期燕山变形褶皱基底上形成的晚白垩 - 古近系断陷湖盆[5] [6]。凹陷的东界为清水口断层，西

为问安寺断层，南为公安断层，北为纪山寺断层，它们共同控制着凹陷的形成和发展[7]，以万城断层为界，凹陷现今的构造格局表现为“东西分块、南北分带”的特点[8] (图 1)。

沙市组下段是江陵凹陷最主要的盐岩发育层位，最厚的单层盐岩达 66 m，盐层累计厚度约达 240 m [9]。沙市组早期，湖盆断层活动强烈，在凹陷中南部形成了沉积洼陷，发育厚层的盐岩；湖盆边缘发育三角洲相，分布于北、西物源区。沙市组晚期，断层活动减弱，物源补给量增加，在凹陷南缘低洼处发育含盐岩系[10] [11]。

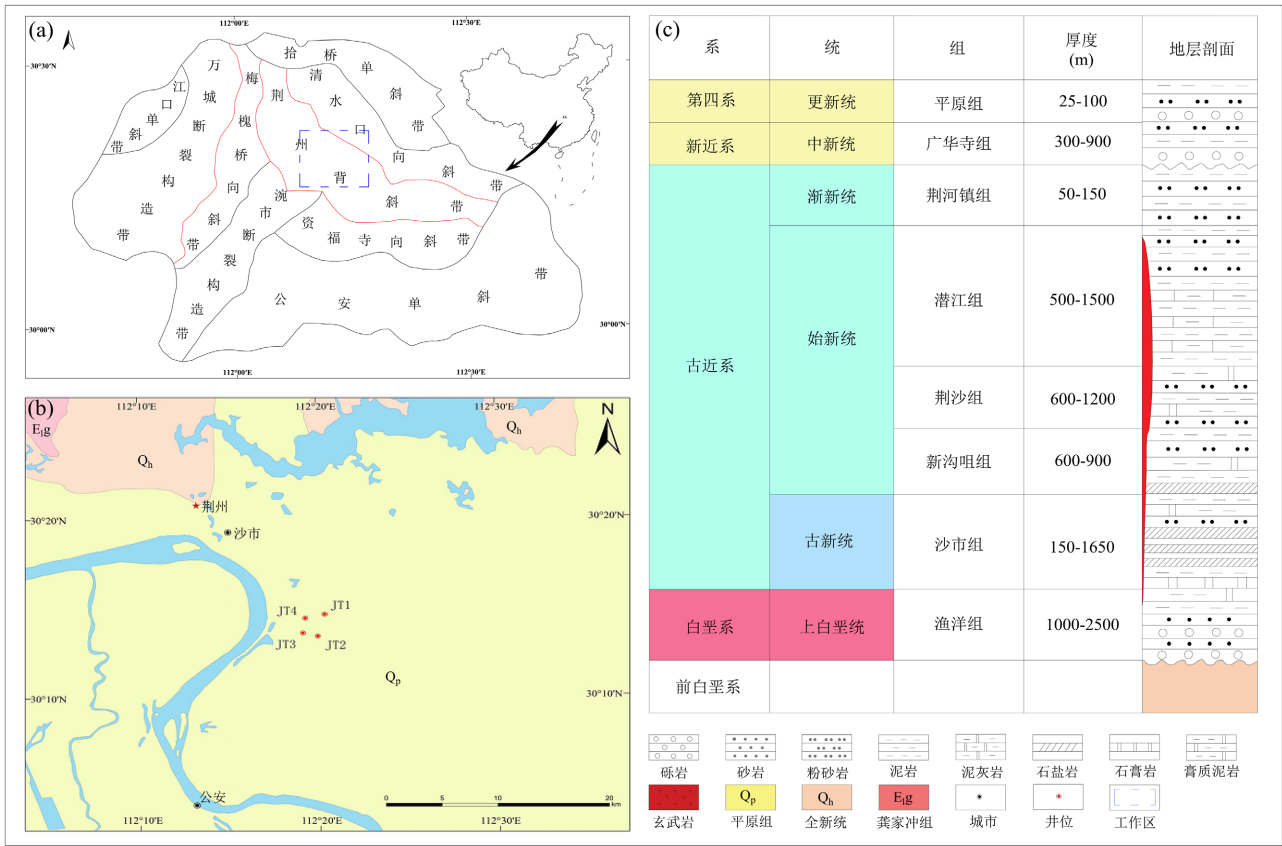


Figure 1. Location map of the study area
图 1. 区域地质图

本次研究区位于江陵凹陷的荆州背斜带，其古近系沙市组下段主要为一套含盐岩系沉积，岩性主要为盐岩、钙芒硝岩、含膏(钙芒硝)泥岩和泥岩。

3. 不同岩性测井响应特征

测井参数值反映了地下岩层的物理性质，可以通过这些参数对岩性进行分析，从而对岩性进行划分，不同测井参数值的差异对应岩层中的一种或多种岩性。根据岩心编录资料，江陵凹陷沙市组下段含盐岩系岩性主要为：盐岩、钙芒硝岩、含膏(钙芒硝)泥岩和泥岩。对于矿物组分含量低于 25%的含膏(钙芒硝)泥岩，其测井响应特征与泥岩的测井响应特征相差不大。在岩性类型划分时，将含膏(钙芒硝)泥岩归为泥岩类。因此，沙市组下段岩石类型划分为盐岩、钙芒硝岩和泥岩 3 种岩性。选用常规测井井径(CAL)、自然伽马(GR)、补偿密度(DEN)、声波时差(AC)、浅测向电阻率(RLLS)、深测向电阻率(RLLD)共 6 条曲线作为岩性识别的特征参数，统计结果见表 1。

Table 1. The statistical table of log data for different lithology
表 1. 不同岩性测井数据统计表

岩性	统计量	CAL (cm)	GR (API)	DEN (g/cm ³)	AC (μs/m)	RLLS (Ω.m)	RLLD (Ω.m)
盐岩	最大值	38.88	50	2.35	235	7054	40000
	最小值	22.81	10	1.95	180	14	435
	平均值	27.48	28	2.13	222	451	6826
钙芒硝岩	最大值	24.62	50	2.75	235	542	660
	最小值	21.71	25	2.35	215	15	75
	平均值	22.89	43	2.50	214	114	274
泥岩	最大值	27.21	180	2.75	225	22	25
	最小值	21.37	50	2.35	170	1	2
	平均值	23.56	103	2.55	244	6	8

根据不同岩性的测井响应特征表可知：盐岩测井响应特征为井径扩大、低自然伽马、低补偿密度及特高电阻率，整体呈现“两低一高”的响应特征；钙芒硝岩测井响应特征为井径扩径、低自然伽马、高补偿密度、高电阻率，整体呈现“两高一低”的响应特征；泥岩测井响应特征为井径正常、高自然伽马、高补偿密度、低电阻率，整体呈现“两高一低”的响应特征。

4. 交会图法识别岩性

交会图是一种常用于定量分析和综合研判测井等地球物理数据的地质解释方法。优选四口井测井数据(GR、DEN 和 RLLD)，结合 3 种岩性的测井响应特征，采用测井参数两两交会方法(图 2)，经分析可知：补偿密度与自然伽马、深侧向与自然伽马两个交会图版可以将 3 种岩性很好的区分开来。利用交会图方法，建立沙市组下段不同岩性的测井识别标准(表 2)，结果表明，交会图方法能够满足沙市组下段地层岩性识别，因此本次研究主要采用 GR、DEN 和 RLLD 曲线两两交汇进行岩性识别。

5. 实例分析

利用交汇图建立的岩性识别图版对江陵凹陷沙市组下段 JT1、JT2、JT3 和 JT4 井的岩性进行了解释和分析，图 3 为不同岩性的解释成果图，通过深度归位后对比分析，测井解释的岩性结果与

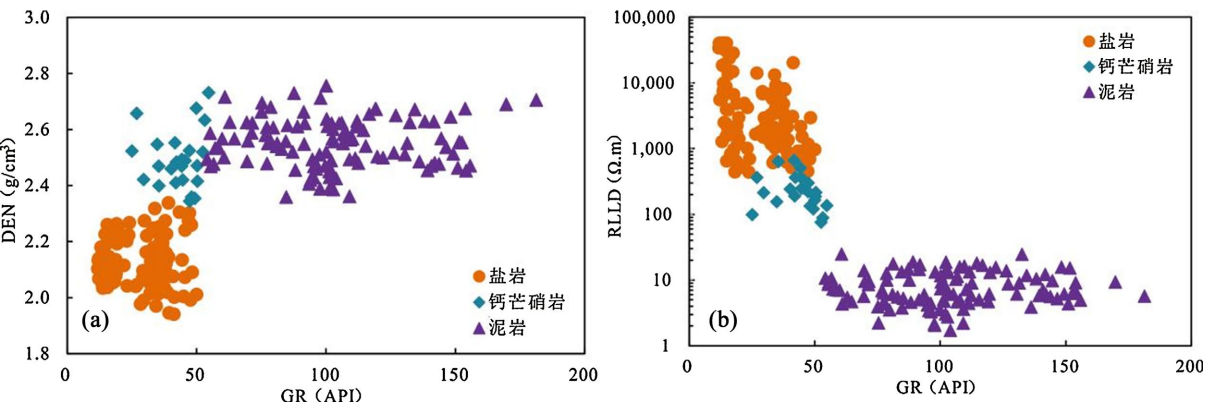


Figure 2. Cross plot of two-dimensional logging parameters. (a) DEN-GR cross plot; (b) RLLD-GR cross plot
图 2. 二维测井参数交汇图。(a) 补偿密度 - 自然伽马交会图；(b) 深侧向电阻率 - 自然伽马交会图

Table 2. The identification standard of different lithology logging
表 2. 不同岩性测井识别标准

岩性	GR 范围(API)	DEN 范围(g/cm ³)	RLLD 范围(Ω.m)
盐岩	10~50	1.95~2.35	435~40000
钙芒硝岩	25~50	2.35~2.75	75~660
泥岩	50~180	2.35~2.75	2~25

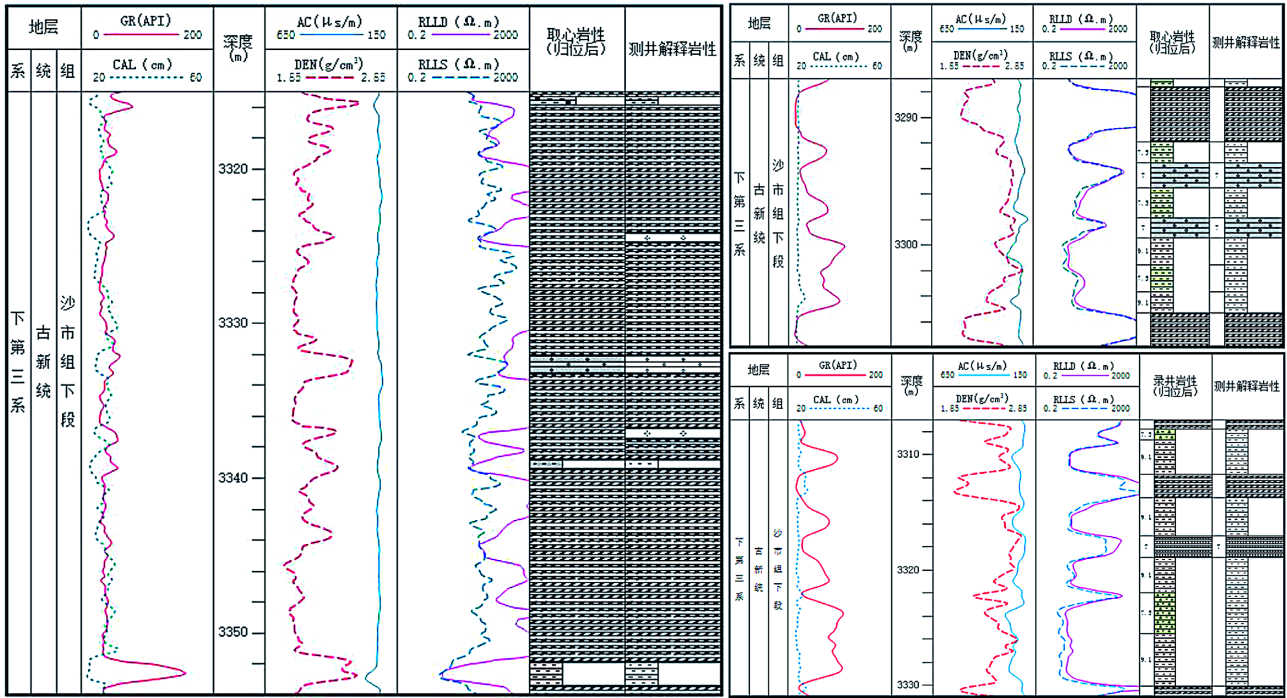


Figure 3. Well log identification results of the target zone
图 3. 测井识别成果图

取心岩性描述基本一致。

以取心岩性描述数据作为参考依据，统计计算四口井不同岩性的测井识别率，发现沙市组下段岩性识别率高达 92.5%。该方法在江陵凹陷沙市组下段含盐岩系中进行岩性识别具有较好的适用性和可靠性。

6. 结论

- (1) 利用测井曲线建立了研究区沙市组下段含盐岩系 3 种主要岩性的测井响应特征，从而可以利用不同测井曲线响应差异来定性识别地层岩性。
- (2) 利用交会图法建立了江陵凹陷沙市组下段地层岩性自动识别图版，对研究区地层岩性能够准确识别，识别率高达 92.5%，该方法具有较高的计算精度，推广应用该方法对于含盐岩系后期勘查开发测井识别与评价具有重要的参考价值。

参考文献

- [1] Hu, G.M., Ji, Y.L. and Zhang, Y.J. (2006) Summarization on Continental Salt Lake Sequence Stratigraphy. *Journal of Salt Lake Research*, **14**, 55-59.
- [2] 王清明. 盐类矿床水溶开采[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.

-
- [3] van Thienen-Visser, K., Hendriks, D., Marsman, A., Nepveu, M., Groenenberg, R., Wildenborg, T., *et al.* (2014) Bow-tie Risk Assessment Combining Causes and Effects Applied to Gas Oil Storage in an Abandoned Salt Cavern. *Engineering Geology*, **168**, 149-166. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2013.11.002>
- [4] Khaledi, K., Mahmoudi, E., Datcheva, M. and Schanz, T. (2016) Stability and Serviceability of Underground Energy Storage Caverns in Rock Salt Subjected to Mechanical Cyclic Loading. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, **86**, 115-131. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2016.04.010>
- [5] 段先锋, 吴波, 罗红, 等. 江汉盆地长湖南东部第四纪沉积物粒度与磁化率特征及其环境意义[J]. 资源环境与工程, 2024, 38(4): 393-399.
- [6] 卢军, 刘磊, 郭光宇, 等. 江陵凹陷重力场特征与成钾构造[J]. 资源环境与工程, 2020, 34(1): 130-132.
- [7] 唐克江. 江陵凹陷荆州背斜带新沟咀组下段油气分布规律及前景预测[J]. 资源环境与工程, 2004, 18(1): 17-21.
- [8] 冯超. 江陵凹陷南部无水芒硝分布特征研究[D]: [硕士学位论文]. 荆州: 长江大学, 2013.
- [9] 王春连, 刘成林, 刘宝坤, 等. 江陵凹陷古新统光卤石的发现及其钾盐找矿意义[J]. 地质学报, 2015, 89(1): 129-136.
- [10] 沈均均, 陈波, 王春连, 等. 江汉盆地江陵凹陷古近系新沟咀组含膏盐岩系沉积特征及控制因素[J]. 古地理学报, 2015, 10(1): 53-62.
- [11] 余小灿, 刘成林, 王春连, 等. 江汉盆地大型富锂卤水矿床成因与资源勘查进展[J]. 地学前缘, 2022, 29(1): 107-123.