海上石油录井中气测录井资料解释方法探讨

陈 斌

中法渤海地质服务有限公司海南分公司 海南 海口 570000

【摘 要】：海上石油钻井作业中，气测录井资料能够连续反映地层含烃性、流体性质和井筒响应变化，但泥浆循环、井深迟到、背景气波动、钻速和井控工况会改变异常幅度与峰形位置。本文分析海上钻井工况、烃组分识别、背景值扣除、迟到时间校正、总烃峰形判读、组分比值计算、皮克斯勒交会、烃湿度和平衡参数、三角图版及解释质量控制之间的作用关系，提出以工况校正为前置、以 C1-C5 组分与气油比边界为量化约束、以多图版和多资料复核为输出条件的解释方法。气测解释结论应分级表达异常来源、储层位置、流体倾向和不确定因素，避免单一峰值或单一比值直接决定油气水层性质。

【关键词】：海上石油；气测录井；资料解释；烃组分；图版判别

DOI:10.12417/2811-0536.26.10.021

引言

气测录井是海上石油钻井现场判断含油气显示的重要实时资料。平台管线、井眼轨迹、钻井液体系和循环制度共同改变气体从井底到地面色谱仪的响应过程，解释误差常由采集、校正和判别链条累积形成。全烃异常若脱离迟到深度、背景气、后效气和组分组合，容易把工程扰动误判为储层流体响应。气测录井资料解释要要在工况约束下重建真实响应，再把峰形、组分、比值、图版和多资料复核组合为现场可追溯的判断链。

1 海上气测录井资料解释基础

（1）海上钻井工况对气测响应的影响：海上钻井的循环系统、井眼轨迹和平台作业节奏会改变气测响应的时间位置与峰值形态[1]。钻井液排量增大时，井底气体随返出流体到达脱气器的时间缩短，但高速循环也会削弱局部油气显示的持续宽度；排量下降、短起下钻或停泵后复开泵，则容易出现后效气和滞留气叠加。大位移井和定向井段还会使井眼环空速度分布不均，井斜突变处的岩屑运移与气体释放不同步，导致气测峰顶滞后于钻时和岩性变化。解释前应把井深、钻速、排量、泵压、泥浆密度、黏切和井口返速放在同一时间轴上，先确认异常是否与钻遇层位同步，再判断本是否具有储层响应意义。海上作业还存在平台管线长、脱气效率受安装位置影响、含油基泥浆吸附轻烃等问题，资料解释必须把这些工程条件作为背景约束，而不是把地面检测值直接视为地层原始含气量。在窄安全密度窗口井段，气体响应还会受到井控操作影响；加重、节流和循环观察改变井筒压力分布，可能压制真实气侵或延长后效释放时间。解释人员应把这些工程事件与气测曲线放在同一井段窗口核对。（2）烃组分与流体性质识别关系：气测录井的解释价值主要来自甲烷至戊烷等轻烃组分的相对组合[2]。甲烷占比高而重烃不足时，异常多指向干气、浅层气或受逸散影响的气体显示；乙烷、丙烷和丁烷同步增强时，说明流体中可凝组分增加，油层或凝析气层可能性提高；戊烷以上组分出现但峰形不稳定，则要核对脱气效率、泥浆污染和色谱分辨率。流体性质识别不能只比较单一组分浓度，因为海上井的泥浆体系、井底温压和储层孔渗条件都会改变进入泥浆的烃类比例。较可靠的做法是同时观察总烃幅度、C1/C2、C1/C3、C2/C3、重烃相对含量、气油比边界和邻井试油结论之间的对应关系。若轻烃与重烃同步上升且峰基比清晰，解释倾向于有效储层；若总烃偏高但组分单调、峰基比低或与钻遇层段不吻合，则应降低结论级别。

2 气测录井资料预处理方法

（1）背景值扣除与迟到时间校正：稳定循环段的基础气抬升会遮蔽储层异常，解释时先从同岩性邻近井段建立背景窗口[3]。背景值扣除不是简单压低曲线，而是把钻井液循环、泥浆性能、泵排量变化和井筒滞留造成的基础气分离出来，再保留与钻遇储层有关的增量气。海上井受平台作业节奏和井筒长距离返回影响，迟到时间校正还要同时核对泵冲、钻速和岩屑返出位置，确保气峰对应到真实井段。同一平台连续作业时，短暂停泵、循环恢复、起下钻和井壁掉块都可能造成气体释放节奏突变。解释人员应把这些工程事件与气峰起止点逐项对齐，先剔除与储层无关的操作性扰动，再判断异常是否具有岩性、含油性和邻井层位的共同支撑。（2）总烃峰形与峰基比判读：总烃曲线先提供异常的强弱和连续性，但峰形解释必须结合基线、层厚和钻速[4]。有效储层气测显示通常具有上升沿清楚、峰顶集中、下降沿与层段结束相互对应的形态，峰基比高且背景恢复较快，说明异常气主要来

自钻遇层位。后效气和循环扰动往往表现为峰形宽缓、峰顶不集中或与钻时变化脱节，在停泵后复开泵、短起下钻和井控调整后更明显。峰基比可用于描述异常峰值相对背景的突出程度，但本解释阈值不宜固定化；低渗储层、薄互层和油基泥浆环境可能使峰值被削弱，而井径扩大或钻速突变又会扩大峰宽。现场判读应记录峰高、峰宽、上升速率、背景恢复时间和对应层段厚度，把峰形作为进入组分比值和图版解释的前置筛选条件。薄互层解释中，峰宽与钻遇厚度之间的对应关系更为关键；窄峰可能来自薄层快速释放，也可能来自短时脱气效率变化，只有峰顶、峰基和邻近组分同时稳定时，峰形才适合作为图版解释入口。（3）组分比值参数计算：组分比值计算应优先使用经背景扣除和迟到校正后的同一井段点数据，避免把不同时间窗口内的 C1、C2、C3 和重烃值混合。皮克斯勒比值、烃湿度和烃平衡参数的作用并不相同：前者突出轻烃与相邻重烃之间的衰减关系，后者用于观察重烃在总烃中的占比和轻重烃分布是否协调。计算时，低于仪器检出限或受污染的组分不能直接参与分母项，应按无效点剔除或降低本井段点权重；对连续层段，可采用峰顶附近多个采样点的稳健中位数，而不取单点极值。在海上井深大、循环时间长的条件下，还应记录采样频率和仪器漂移，防止比值变化被误作储层差异。组分比值的输出应与总烃峰形、岩性和测井响应互相制约，形成油层、气层、凝析气层、含水显示或非储层气显示的分级判断。

3 气测解释图版与综合判别

（1）皮克斯勒比值交会解释：皮克斯勒方法把相邻烃组分比值放入交会图中，观察轻烃向重烃的递减斜率和组合位置[5]。干气层通常表现为 C1 占优，C1/C2 和 C1/C3 偏大，点位向轻烃端集中；油层或凝析油气层中 C2-C5 组分更充分，点位会向重烃端移动，且相邻比值之间的差异趋于缓和。海上解释时，应先排除脱气器效率波动和色谱柱分离异常，再判断点群是否具有层段内稳定性。如果同一储层内部点位离散很大，往往说明样品受钻井液处理、井眼扩大或层内非均质影响，不能只取一个最有利点位下结论。皮克斯勒交会适合识别烃类组成趋势，但对低丰度显示和泥浆污染比较敏感，应与气油比边界、烃湿度和常规测井解释共同使用。当点群跨越多个图版区带时，解释应回到采样序列检查轻烃端和重烃端的变化方向；若点位迁移与钻速或排量变化同步，图版只说明样品受扰动，不能直接说明流体性质发生纵向转变。

（2）烃湿度和平衡参数图版：烃湿度反映 C2 以上重烃在总烃中的比例，烃平衡参数则用于比较轻烃与重烃之间的协调程度[6]。二者能够弥补单纯总烃幅度的不足：高总烃但湿度低时，更可能对应干气或轻烃富集；总烃中等但湿度、平衡值和峰形同步改善时，油层或凝析气层的解释依据更充分。公开气测解释研究常以气油比边界辅助流体性质划分，边界值与流体类型的对应关系集中列于下表。这组边界限定了图版解释的适用范围，气油比不能替代组分、峰形和多资料复核。海上井解释还要把边界附近的样品点放回实际钻遇段落，核对泥浆处理、停泵后效、邻层窜气和测井曲线响应。气油比边界与复核资料如下。

表 1 气油比边界与气测解释侧重点

流体划分	边界方向	气油比 (m^3/m^3)	优先核对关系	复核资料	解释侧重点	流体划分
油层	上限	250	重烃同步性	峰基比	低于边界时复核油层响应	油层
轻质油层	下限	250	轻重烃过渡	组分连续性	进入解释区后核对轻重烃连续性	轻质油层
轻质油层	上限	550	凝析气倾向	图版位置	接近边界时增加凝析气倾向复核	轻质油层
凝析气层	下限	550	甲烷优势	重烃保留	进入解释区后核对甲烷优势与重烃保留	凝析气层
凝析气层	上限	18000	后效气干扰	工程事件	接近边界时重点排除后效气影响	凝析气层

表 1 显示，边界方向和气油比共同决定流体划分的解释入口，轻质油层与凝析气层位于相邻边界之间，气层下限明显高于油层上限。复核资料和解释侧重点说明，边界值本身只能给出流体性质方向，仍要回到峰形、组分连续性、图版位置和工程事件，避免把后效气、浅层气或泥浆污染误判为稳定储层气。

（3）三角图版与轻重烃组合判别：三角图版把 C1、C2-C3 和 C4-C5 等组分归并为三个端元，通过点位在三角坐标中的迁移判断轻烃、过渡烃和重烃贡献。它的优势在于能同时观察三类组分的相对比例，避免多个二元比值分散判断；局限在于端元归并会掩盖单一组分异常，在低丰度显示或轻烃逸散明显时，点位可能向甲烷端偏移。海上录井解释中，可先用三角图版判别层段内点群是否集中，再回到原始组分检查 C2、C3、iC4、nC4 和 C5 的实际响应。若三角点群沿轻烃端到重烃端形成连续带，通常提示流体性质或储层含油饱和度存在纵向变化；若点位分散且与井段工程事件同步，应优先解释为采集或循环条件变化。三角端元还可作为复核表 1 边界的图形入口：油层侧重重烃端贡献，凝析气层处于轻重烃过渡带，气层则向甲烷端集中。端元位置与气油比边界相互矛盾时，应

优先检查样品采集和校正过程。

4 海上录井解释质量控制

（1）异常显示复核与多资料约束：异常显示复核应围绕井段一致性、组分一致性和资料一致性展开[7]。井段一致性要求迟到校正后的气测峰与岩屑荧光、钻时降低、井径变化和测井储层段保持合理对应；组分一致性要求总烃增强时 C1-C5 至少形成可解释的组合关系，而不是某一通道孤立跳变；资料一致性要求气测解释与自然伽马、电阻率、声波时差、密度中子和邻井试油认识相互校验。海上井一旦出现井涌、漏失、加重、堵漏或油基泥浆污染，应把相应井段段标为解释受限区，不用常规图版直接套判。多资料约束的意义在于把气测录井从实时异常提示转化为储层解释证据，结论应明确异常来源、储层位置、流体倾向和不确定因素。复核流程还应保留被剔除的采样点及剔除原因，例如检出限不足、色谱漂移、泥浆污染或工程事件干扰。保留这些边界信息，可以避免后续综合解释把清洗后的曲线误认为连续完整记录。海上气测解释证据链见图 1。

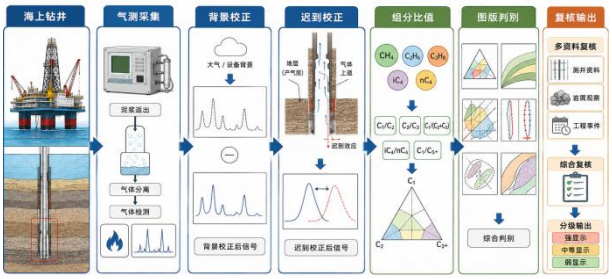

图 1 海上气测录井解释证据链

图 1 把海上钻井、气测采集、背景校正、迟到校正、组分比值、图版判别和复核输出按顺序连接，说明异常复核不能跳过工程工况和校正环节。右侧复核输出同时列出测井资料、岩屑观察和工程事件，表明气测结论应以多资料约束后的分级结果进入后续测试建议。

（2）解释结论分级输出：气测录井解释结论宜采用分级输出，而不是简单给出油层或气层标签。一级结论可用于钻井现场快速提示，重点说明异常井段、峰形、主要组分和工程风险；二级结论用于综合解释，结合测井、岩屑、荧光和邻井资料判断储层有效性及流体倾向；三级结论进入试油或完井建议，要说明证据强度、限制条件和要补充的测试项目。对于海上油气勘探，分级输出能够把实时性与可靠性分开：现场要快速识别高风险气侵和含烃显示，但储量评价和测试层段选择不能只依赖实时峰值。最终解释报告应保留背景窗口、迟到参数、剔除点、比值计算口径和图版判别结果，使后续测井解释、试油设计和地质建模能够复核同一证据链。分级结论还应与作业时效匹配：实时提示强调安全和异常跟踪，综合解释强调层位和流体倾向，测试建议强调证据强度和剩余不确定性。三类结论分开后，气测资料既能服务现场风险控制，也能进入后续地质评价。

5 结语

海上石油录井中的气测资料解释，应以工况校正、组分计算、图版判别和质量复核构成连续方法链。背景气扣除和迟到时间校正解决深度归位问题，总烃峰形和峰基比用于筛选有效异常，C1-C5 组分比值、烃湿度、烃平衡参数和气油比边界进一步限定流体性质，皮克斯勒图版、三角图版及测井、岩屑、荧光资料共同提高结论稳定性。对于后效气、泥浆污染、低丰度显示和井控扰动段，解释结论应降低级别并说明限制条件。只有把实时气测响应放回钻井工况和储层证据链中，才能使气测录井资料更准确地服务海上油气层识别、测试层段优选和钻井现场风险控制。

参考文献：

[1] 高永明,何理鹏,刘娟霞.基于测录井资料的细粒沉积岩低阻油层识别方法[J].当代化工研究,2026,(3):130-132.

[2] 关叶钦,许赛男,时新磊,等.基于测录井资料多元统计分析识别浅层气——以渤海 P 油田为例[J].重庆科技学院学报(自然科学版),2024,26(3):15-20.

[3] 汪国富.利用测录井资料预测地层坍塌压力的方法及应用[J].江汉石油职工大学学报,2024,37(3):36-38.

[4] 孙凤华.气测录井资料应用拓展[J].石油地质与工程,2023,37(6):46-49.

[5] 段胜强,段宏臻,冷云飞,等.利用气测录井资料对储集层的解释评价方法及应用[J].内蒙古石油化工,2023,49(9):120-124.

[6] 刘土亮,胡向阳,袁伟,等.基于测录井资料的储层流体类型评价方法研究[J].录井工程,2023,34(3):55-62.

[7] 胡文亮.利用测录井资料计算气油比定量识别低孔渗储层流体性质[J].海洋石油,2023,43(2):48-51.