

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 6617—2005

核磁共振测井资料处理及解释规范

Specification for log data processing and interpretation of
nuclear magnetic resonance

2005—07—26 发布

2005—11—01 实施

国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 解释软件	1
4 测井资料质量检验	1
5 数据合并及深度校正	1
6 MRIL - C 型、MRIL - C/TP 型核磁共振测井资料处理	1
7 MRIL - Prime 型核磁共振测井资料处理	4
8 成果图件	12
9 核磁共振测井资料解释	14



前 言

本标准由石油测井专业标准化委员会提出并归口。

本标准起草单位：中国石化集团胜利石油管理局测井公司。

本标准主要起草人：吴春文、李金祝、孟祥水、赵文杰。

核磁共振测井资料处理及解释规范

1 范围

本标准规定了 MRIL - C 型、MRIL - C/TP 型和 MRIL - Prime 型核磁共振测井数据处理和解释的技术要求。

本标准适用于 MRIL - C 型、MRIL - C/TP 型和 MRIL - Prime 型核磁共振测井数据的处理和解释。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

SY/T 5132 测井原始资料质量要求

SY/T 5360 裸眼井单井测井数据处理流程

3 解释软件

解释软件包括：

——express 解释软件；

——DPP 解释软件。

4 测井资料质量检验

4.1 依据 SY/T 5132 规定对测井原始资料进行质量检验。

4.2 检查对比原始测井资料与编辑回放测井资料的一致性。

5 数据合并及深度校正

5.1 数据合并

测井资料处理前，应将程序中所用到的测井数据转换成统一的数据格式，并合并为一个文件。

5.2 深度校正

用核磁共振测井并测的自然伽马曲线进行深度校正。

6 MRIL - C 型、MRIL - C/TP 型核磁共振测井资料处理

6.1 处理流程

MRIL - C 型、MRIL - C/TP 型资料处理流程如图 1。

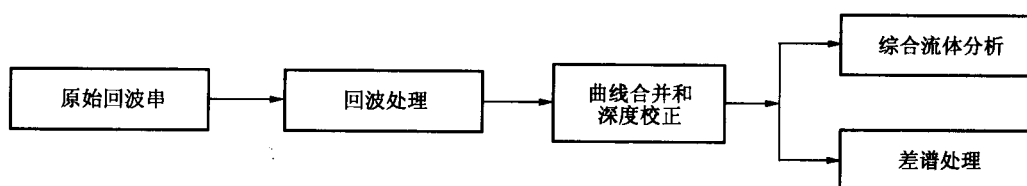


图 1 MRIL - C 型、MRIL - C/TP 型资料处理流程图

6.2 回波处理 (MRILPOST)

6.2.1 回波处理流程如图 2。

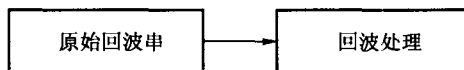


图 2 回波处理流程图

6.2.2 对回波串进行反演拟合，得到 T_2 分布、核磁共振有效孔隙度、地层束缚水孔隙度和可动流体孔隙度等。

6.2.3 输入曲线主要包括：

- ECHO：长等待时间原始回波串，单位为毫秒 (ms)；
- ECHOB：短等待时间原始回波串，单位为毫秒 (ms)。

6.2.4 输入参数主要包括：

- STEP：开关控制选择，表示暂停或继续；
- DEPTH：深度信息；
- BIN：用拟合回波串所用 Bin 的个数；
- ECHO：计算 T_2 分布的原始回波串序号、回波个数和回波间隔；
- MODE：显示操作模式 (浏览或记录)；
- SCALE：设置比例；
- FILTER：设置低通滤波和平均值参数。

6.2.5 输出曲线主要包括：

- MPHI：核磁共振有效孔隙度，以百分数表示；
- MBVM：可动流体孔隙度，以百分数表示；
- MBVI：束缚水孔隙度，以百分数表示；
- MPERM：渗透率，单位为毫达西 (mD 或 $10^{-3} \mu\text{m}^2$)；
- PPOR：各弛豫组分的孔隙度，以百分数表示。

6.3 差谱处理 (MRDEA)

6.3.1 差谱处理流程如图 3。



图 3 差谱处理流程图

6.3.2 利用长、短等待时间测量的 T_2 谱的差值，定量评价孔隙中流体的类型及含量。

6.3.3 油、气的弛豫时间参数 (T_{10IL} , T_{20IL} , T_{2GAS}) 应符合地区规律。

6.3.4 与观测模式有关的参数 (TE , TWL , TWS) 应与实际观测模式相一致。

6.3.5 输入曲线主要包括：

- ECHODIFF：长、短等待时间 T_2 谱的差值；
- MPHE：用长等待时间计算的核磁共振有效孔隙度，以百分数表示；
- TEMP：地层温度，单位为华氏度 ($^{\circ}\text{F}$)。

6.3.6 输入参数主要包括：

- NECHO：回波个数；
- T_{10IL} ：油的纵向弛豫时间，单位为毫秒 (ms)；

- T20IL: 油的横向弛豫时间, 单位为毫秒 (ms);
- T2GAS: 气的横向弛豫时间, 单位为毫秒 (ms);
- TE: 回波间隔, 单位为毫秒 (ms);
- TWL: 长等待时间, 单位为毫秒 (ms);
- TWS: 短等待时间, 单位为毫秒 (ms)。

6.3.7 输出曲线主要包括:

- BVGXO: 冲洗带含气孔隙度, 以百分数表示;
- BVOXO: 冲洗带含油孔隙度, 以百分数表示;
- BVWYO: 冲洗带含水孔隙度, 以百分数表示;
- MPHEDEA: 烃校正后的核磁共振有效孔隙度, 以百分数表示。

6.4 综合流体分析 (MRAX)

6.4.1 综合流体分析处理流程如图 4。

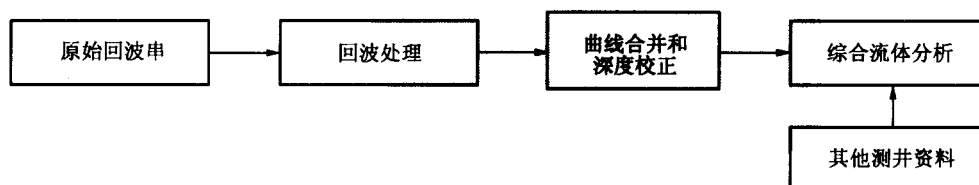


图 4 综合流体分析处理流程图

6.4.2 综合流体分析是用核磁共振测井资料结合电阻率、中子、密度等测井资料计算地层的总孔隙度、有效孔隙度、束缚水孔隙度、自由流体孔隙度、含烃孔隙度和渗透率等参数。

6.4.3 用于计算流体性质饱和度的参数 (RW, RMT, M, A) 选取按 SY/T 5360 执行。

6.4.4 输入曲线主要包括:

- CNC: 中子测井曲线, 以百分数表示;
- FLAG: 求 Swb 标识符;
- MPHE: 有效孔隙度, 以百分数表示;
- MBVI: 束缚水孔隙度, 以百分数表示;
- POR: 外部输入孔隙度, 以百分数表示;
- RT: 深电阻率, 单位为欧姆米 ($\Omega \cdot m$);
- SWBCORR: 所选的动态 Swb, 以百分数表示。

6.4.5 输入参数主要包括:

- EDEP: 处理层段的底界深度, 单位为米 (m);
- SDEP: 处理层段的顶界深度, 单位为米 (m);
- FD: 流体密度, 单位为克每立方厘米 (g/cm^3);
- RW: 地层水电阻率, 单位为欧姆米 ($\Omega \cdot m$);
- MPHECL: 粘土水孔隙度, 以百分数表示;
- COEF: 计算渗透率的系数;
- FLOOR: 束缚水饱和度的最小值, 以小数表示;
- POROP: 计算总孔隙度选择符;
- SWBOPT: 计算束缚水饱和度选择符。

6.4.6 输出曲线主要包括:

- CBVWE: 有效含水孔隙度, 以百分数表示;

- CBVWT: 总含水孔隙度, 以百分数表示;
- CLPOR: 粘土水孔隙度, 以百分数表示;
- EPOR: 有效孔隙度, 以百分数表示;
- MPHECO: 烃校正后的有效孔隙度, 以百分数表示;
- PERM: 渗透率, 单位为毫达西 (mD 或 $10^{-3} \mu\text{m}^2$);
- SW: 含水饱和度, 以百分数表示;
- SWB: 粘土水饱和度, 以百分数表示;
- SWIA: 束缚水饱和度, 以百分数表示。

7 MRIL - Prime 型核磁共振测井资料处理

7.1 处理流程

MRIL - Prime 型资料处理流程如图 5。

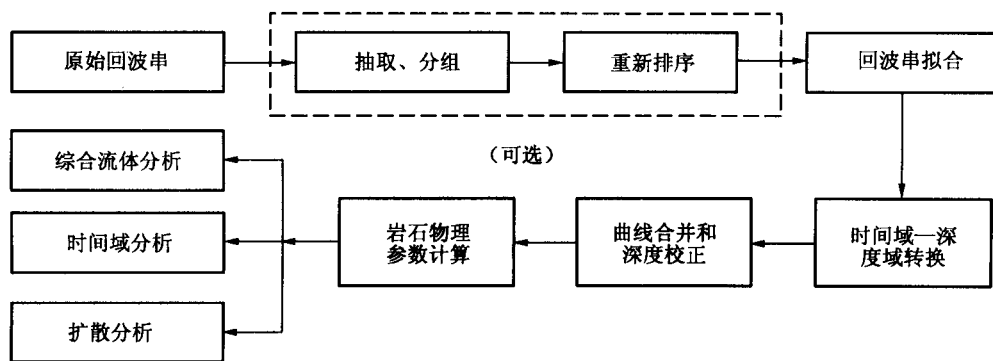


图 5 MRIL - Prime 型资料处理流程图

7.2 岩石物理参数计算

7.2.1 岩石物理参数计算处理解释流程如图 6。

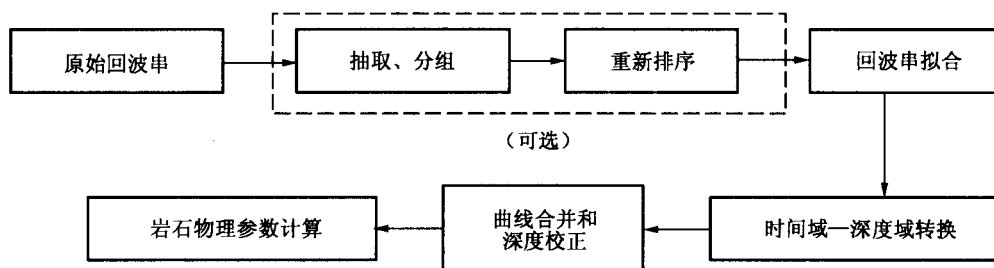


图 6 岩石物理参数计算处理解释流程图

7.2.2 分组 SPLIT_MCLS: 把含五组 (a, b, c, d, e) 回波串数据的文件分成若干个含三组数据的文件, 分组方式有 abc, dec, adc 和 bec 四种。

7.2.3 排序 RESEQ: 将与测井观测模式相一致的 ID 码输入到参数中, 对分组后文件中的回波序号 (CACT) 和回波串识别符 (GRP) 进行重新排序。

7.2.4 回波拟合 ECHE_STRIP。

7.2.4.1 进行回波串多指数拟合, 获得离散的 T_2 分布及各区间孔隙度; 计算长、短等待时间回波串的幅度差。

7.2.4.2 观测模式编号 (ACT - FLG) 参数应与实际测井观测模式编号相一致。

7.2.4.3 累加平均处理参数 (RUNAVA, RUNAVB, RUNAVPR, RUNAVED)、回波拟合处理的第一个和最后一个序号参数 (FECHOA, LECHOA, FECHOB, LECHOB, FECHOPR, LECHOPR)、平滑规则化参数 (SMOOTH A, SMOOTHB, SMOOTHPR, SMOOTHED) 和相位校正的回波序号的第一个和最后一个序号参数 (FECHOPHA) 应与观测模式提供的参数相一致。

7.2.4.4 输入曲线主要包括：

- CACT：观测模式中的一个周期内回波的序号；
- CECH：回波个数；
- GRP：回波串识别符；
- PWCO：功率校正因子；
- RAMP：原始回波幅度，以百分数表示；
- RPHA：原始回波相位，以百分数表示。

7.2.4.5 输入参数主要包括：

- ACT-FLG：观测模式编号；
- RUNAVA, RUNAVB, RUNAVPR 和 RUNAVED：A, B, C 组和 EDIF 组的累加平均处理参数；
- FECHOA, LECHOA, FECHOB, LECHOB, FECHOPR 和 LECHOPR：A, B, C 组第一个和最后一个做回波拟合处理的序号；
- SMOOTH A, SMOOTHB, SMOOTHPR 和 SMOOTHED：A, B, C 组和 EDIF 组平滑规则化参数；
- FECHOPHA, LECHOPHA, FECHOPHB 和 LECHOPHB：A 和 B 组第一个和最后一个做相位校正的回波序号。

7.2.4.6 输出曲线主要包括：

- AMPA, AMPB 和 AMPC：回波串 A, B 和 C 组的幅度，以百分数表示；
- PHASA, PHASB 和 PHASC：回波串 A, B 和 C 组的相位，单位为度 (°)；
- AVRA, AVR B 和 AVRC：A, B 和 C 组累加后的实部，以百分数表示；
- AVIA, AVIB 和 AVIC：A, B 和 C 组累加后的虚部，以百分数表示；
- REALCA：A 组经过相位、增益、功率、矿化度和温度校正以后的实部，以百分数表示；
- IMAGCA：A 组经过相位、增益、功率、矿化度和温度校正以后的虚部，以百分数表示；
- P01A, P02A, P1A~P10A：A 组拟合的 $T_2 = 1\text{ms}, 2\text{ms}, 4\text{ms}, 8\text{ms}, 16\text{ms}, 32\text{ms}, 64\text{ms}, 128\text{ms}, 256\text{ms}, 512\text{ms}, 1024\text{ms}, 2048\text{ms}$ 的孔隙度，以百分数表示；
- P01B, P02B, P1B~P10B：B 组拟合的 $T_2 = 4\text{ms}, 8\text{ms}, 16\text{ms}, 32\text{ms}, 64\text{ms}, 128\text{ms}, 256\text{ms}, 512\text{ms}, 1024\text{ms}, 2048\text{ms}$ 的孔隙度，以百分数表示；
- P1PR~P7PR：C 组拟合的 $T_2 = 0.5\text{ms}, 1\text{ms}, 2\text{ms}, 4\text{ms}, 8\text{ms}, 16\text{ms}, 256\text{ms}$ 的孔隙度，以百分数表示；
- EDIF：回波幅度的差，以百分数表示。

7.2.5 时—深转换 Process_t2d。

7.2.5.1 时—深转换是将时间域文件转为深度域文件。

7.2.5.2 时—深转换采用英制时采样间距为 0.5ft 或 0.25ft；采用公制时采样间距为 0.1m。

7.2.5.3 时—深转换应选择与其组数和深度单位相一致的配置文件。

7.2.6 岩石物理参数计算 T2_toolkit。

7.2.6.1 T2_toolkit 可计算总孔隙度、有效孔隙度、束缚水含量和渗透率。

7.2.6.2 滤波长度参数 (FLTLEN) 的取值应与采样间距相一致。

7.2.6.3 计算束缚水的参数 (T2CUTOFF, SBVIOEF) 应根据岩心实验数据确定。如无实验数据，

砂岩层 $T2CUTOFF = 33ms$, $SBVIOEF = 0.062$; 碳酸盐岩层 $T2CUTOFF = 90ms$, $SBVIOEF = 0.009$ 。

7.2.6.4 Coates 渗透率模型的系数 (CCOEF) 应根据岩心实验数据确定, 如无实验数据采用区域经验参数。

7.2.6.5 计算理论烃的参数 (FPRESS, FTEMP, OILVISC) 应根据井深和地区规律确定。

7.2.6.6 输入曲线应用回波拟合的输出曲线作为输入曲线。

7.2.6.7 输入参数主要包括:

- FLTLEN: 滤波长度;
- T2SPLICE: C 组与 A 或 B 组合并的 T_2 时间, 单位为毫秒 (ms);
- T2CUTOFF: 束缚流体 T_2 截止值, 单位为毫秒 (ms);
- SBVICOEF: 计算束缚水含量 (SBVI) 的系数;
- TE: 回波间隔, 单位为毫秒 (ms);
- CCOEF: Coates 渗透率模型的系数;
- FFICUT: 可动流体截止值, 以百分数表示。

7.2.6.8 输出曲线主要包括:

- MCBW: 粘土水含量, 以百分数表示;
- TASPEC: A 组 T_2 分布, 单位为毫秒 (ms);
- MSIGTA: 用 A 组计算的总孔隙度, 以百分数表示;
- MPHITA: 用 A 组计算的有效孔隙度, 以百分数表示;
- CBVITA: 用合并后的 A 组计算的束缚水含量, 以百分数表示;
- MPERM: 渗透率, 单位为毫达西 (mD 或 $10^{-3}\mu m^2$);
- EDSPEC: 回波串差 EDIF 的 T_2 分布, 以百分数表示;
- BOIL: 滤波后的含油孔隙度, 以百分数表示;
- BGAS: 滤波后的含气孔隙度, 以百分数表示;
- BWTR: 滤波后的含水孔隙度, 以百分数表示;
- TDAMSIG: 极化与含氢指数校正后的总孔隙度, 以百分数表示;
- TDAMPHI: 极化与含氢指数校正后的有效孔隙度, 以百分数表示。

7.3 差谱分析

7.3.1 利用两组不同等待时间的双 TW 数据, 做地层流体识别和油气定量评价。

7.3.2 差谱分析处理流程如图 7。

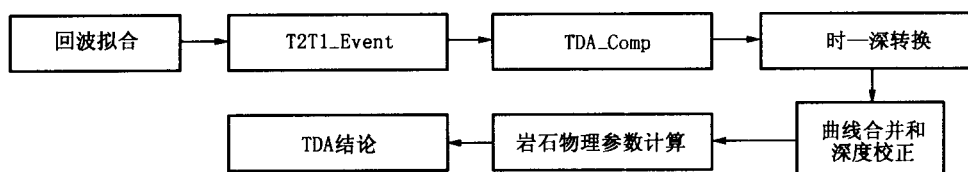


图 7 差谱分析处理流程图

7.3.3 弛豫时间搜索 T2T1_EVENT。

7.3.3.1 从双等待时间 (TW) 差异较大的区间中, 对可能存在的流体进行 T_1 和 T_2 搜索。

7.3.3.2 回波间隔 (TE)、等待时间 (TW) 等参数应与测井同步生成的测井模式参数一致。

7.3.3.3 流体 T_1 , T_2 弛豫时间的第一个和最后一个区间序号应是双等待时间差异较大的区间。

7.3.3.4 输入曲线主要包括:

- P1A~P12A: 第 1~12 区间的孔隙度 (长 TW), 以百分数表示;
- P1B~P12B: 第 1~12 区间的孔隙度 (短 TW), 以百分数表示;

- EDBST: 回波串差增强因子;
- EDIF: 长、短 TW 的回波串差, 以百分数表示。

7.3.3.5 输入参数主要包括:

- NUMECHO: 回波串差的回波个数;
- TE: 回波串差的回波间隔, 单位为毫秒 (ms);
- TWA: 长等待时间, 单位为毫秒 (ms);
- TWB: 短等待时间, 单位为毫秒 (ms);
- T1FBIN: 孔隙度最大差异对比的第一个区间序号;
- T1LBIN: 孔隙度最大差异对比的最后一个区间序号;
- FECHO: T_2 搜索的第一个回波;
- LECHO: T_2 搜索的最后一个回波。

7.3.3.6 输出曲线主要包括:

- T1APP: T_1 的估算值, 单位为毫秒 (ms);
- T1ERR: T_1 搜索的误差最小值;
- T2X1: 单相搜索的 T_2 , 单位为毫秒 (ms);
- PORX1: 单相搜索的孔隙度, 以百分数表示;
- T2ERRX: 单相搜索的误差最小值;
- T2X: 双相搜索的短分量 T_2 , 单位为毫秒 (ms);
- PORX: 短分量的孔隙度, 以百分数表示;
- T2Y: 双相搜索的长分量 T_2 , 单位为毫秒 (ms);
- PORY: 长分量的孔隙度, 以百分数表示;
- T2ERRXY: 双相搜索的误差最小值。

7.3.4 时间域分析 TDA _ COMP。

7.3.4.1 通过对时间域的回波串幅度差进行处理, 计算油、气、水的孔隙度。

7.3.4.2 流体类型参数 (FLUIDFLG) 选择应与地层流体类型实际情况基本相符。

7.3.4.3 有关流体 T_1 , T_2 的参数应与 T2T1 _ EVENT 搜索的结果相一致。

7.3.4.4 输入曲线 (EDIF): 长、短等待时间的回波串幅度差, 以百分数表示。

7.3.4.5 输入参数主要包括:

- TWA: 长等待时间, 单位为毫秒 (ms);
- TWB: 短等待时间, 单位为毫秒 (ms);
- FLUIDFLG: 流体类型选择符;
- T1GAS: 气的纵向弛豫时间, 单位为毫秒 (ms);
- T2GAS: 气的横向弛豫时间, 单位为毫秒 (ms);
- T1OIL: 油的纵向弛豫时间, 单位为毫秒 (ms);
- T2OIL: 油的横向弛豫时间, 单位为毫秒 (ms);
- T1WTR: 水的纵向弛豫时间, 单位为毫秒 (ms);
- T2WTR: 水的横向弛豫时间, 单位为毫秒 (ms)。

7.3.4.6 输出曲线主要包括:

- PHIG: 气的孔隙度, 以百分数表示;
- PHIO: 油的孔隙度, 以百分数表示;
- PHIW: 水的孔隙度, 以百分数表示;

7.4 移谱分析

7.4.1 对两组不同回波间隔的 T_2 分布进行扩散分析或扩散增强分析, 来定量计算含水饱和度和油

水相对渗透率。

7.4.2 移谱分析处理流程如图 8。

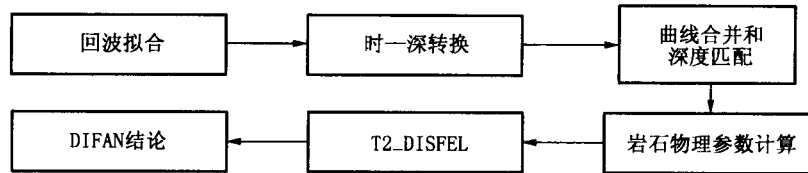


图 8 移谱分析处理流程图

7.4.3 T_2 特征值选择 T_2_DISEL 。

7.4.3.1 计算出长、短 TE 分布谱的几何平均值、峰值、半峰值及用于扩散分析的横向弛豫时间。

7.4.3.2 选择的长 TE 和短 TE 几何平均值的上限、下限值参数，应有利于反映不同性质流体的特征。

7.4.3.3 输入曲线主要包括：

- MPHITA：核磁共振有效孔隙度，以百分数表示；
- TBSPEC：长 TE 回波串的 T_2 分布，单位为毫秒（ms）；
- TASPEC：短 TE 回波串的 T_2 分布，单位为毫秒（ms）。

7.4.3.4 输入参数主要包括：

- T2GMUA：短 TE 组计算几何平均值的上限，单位为毫秒（ms）；
- T2GMLA：短 TE 组计算几何平均值的下限，单位为毫秒（ms）；
- T2GMUB：长 TE 组计算几何平均值的上限，单位为毫秒（ms）；
- T2GMLB：长 TE 组计算几何平均值的下限，单位为毫秒（ms）；
- T2SELFLG：确定 DIFAN 中 T_2 用哪组数据的选择标志，同时控制 T2S 和 T2L。

7.4.3.5 输出曲线主要包括：

- T2GMS：短 TE 组的 T_2 几何平均值，单位为毫秒（ms）；
- T2DIF1S：短 TE 组孔隙度峰值对应的 T_2 ，单位为毫秒（ms）；
- T2DIFS：短 TE 组孔隙度半峰值对应的 T_2 ，单位为毫秒（ms）；
- T2S：用于扩散分析的 T_2 值（短 TE），单位为毫秒（ms）；
- T2GML：长 TE 组的 T_2 几何平均值，单位为毫秒（ms）；
- T2DIF1L：长 TE 组孔隙度峰值对应的 T_2 ，单位为毫秒（ms）；
- T2DIFL：长 TE 组孔隙度半峰值对应的 T_2 ，单位为毫秒（ms）；
- T2L：用于扩散分析的 T_2 值（长 TE），单位为毫秒（ms）。

7.4.4 扩散分析 DIFAN。

7.4.4.1 扩散分析是使用两组不同回波间隔的测井数据做扩散分析。

7.4.4.2 计算流体饱和度的参数（T2MIN，T2HY，ROSF，RDDWHY）和计算相对渗透率参数（RELPFL，WVIS，OVIS）应符合地区流体性质的规律。

7.4.4.3 输入曲线主要包括：

- MPHITA：有效孔隙度（短 TE），以百分数表示；
- MBVITA：地层束缚水含量，以百分数表示；
- MPERM：Coates 模型渗透率，单位为毫达西（mD 或 $10^{-3} \mu\text{m}^2$ ）；
- T2L：用于扩散分析的长 TE 的 T_2 值，单位为毫秒（ms）；
- T2S：用于扩散分析的短 TE 的 T_2 值，单位为毫秒（ms）。

7.4.4.4 输入参数主要包括：

- TEL：长回波间隔，单位为毫秒（ms）；

- TES: 短回波间隔, 单位为毫秒 (ms);
- T2HY: 烃的固有 T_2 , 单位为毫秒 (ms);
- RDDWHY: 烃与水的扩散系数比值;
- T2SFACT: 水的最大 T_2 值调节因子;
- REL PFL: 相对渗透率模型选择符;
- OVIS: 地层中油的粘度, 单位为厘泊 (cP)。

7.4.4.5 输出曲线主要包括:

- DIFSW: 含水饱和度, 以小数表示;
- DIFBVW: 束缚水孔隙度, 以百分数表示;
- DIFKRO: 油相对渗透率;
- DIFKRW: 水相对渗透率。

7.5 综合流体分析

7.5.1 综合流体分析处理流程如图 9。

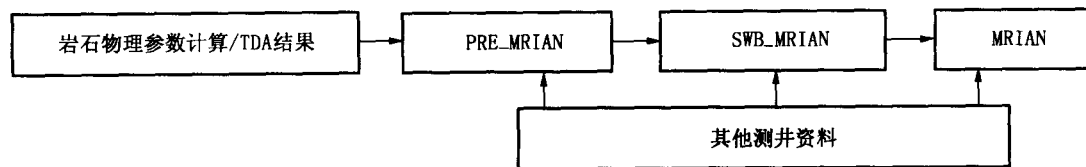


图 9 综合流体分析处理流程图

7.5.2 预处理 PRE_MRIAN。

7.5.2.1 利用核磁共振测井资料和其他测井资料计算视粘土水饱和度、总孔隙度、视地层水电阻率等参数, 识别岩性。

7.5.2.2 岩石骨架参数 (RHOSAN, RHOLIM, RHOOL, DTMA) 和计算流体的参数 (RWREF, RMFREF, EXPHI, ARCHIE) 的选取按 SY/T 5360 执行。

7.5.2.3 输入曲线主要包括:

- MSIGTA: 核磁总孔隙度, 以百分数表示;
- MPHITA: 核磁有效孔隙度, 以百分数表示;
- MBVITA: 束缚水孔隙度, 以百分数表示;
- TDAMSIG: TDA 总孔隙, 以百分数表示;
- TDAMPHI: TDA 有效孔隙度, 以百分数表示;
- NPHI: 中子孔隙度, 以百分数表示;
- RHOB: 体积密度, 单位为克每立方厘米 (g/cm^3);
- PE: 光电吸收截面, 单位为靶恩每电子 (b/e);
- DT: 声波时差, 单位为微秒每英尺 ($\mu\text{s}/\text{ft}$);
- RT: 地层深探测电阻率, 单位为欧姆米 ($\Omega \cdot \text{m}$)。

7.5.2.4 输入参数主要包括:

- TPORFL: 总孔隙度选择标志, 应根据流体性质和井眼状况选取;
- RWREF: 地层水电阻率, 单位为欧姆米 ($\Omega \cdot \text{m}$);
- TWREF: 地层水电阻率的参考温度, 单位为华氏度 ($^{\circ}\text{F}$);
- RMFREF: 钻井液滤液电阻率, 单位为欧姆米 ($\Omega \cdot \text{m}$);
- ARCHIE: 阿尔奇公式中的系数 (a);
- EXPHI: 阿尔奇公式中的胶结指数 (m);

- RHOFL: 流体密度, 单位为克每立方厘米 (g/cm^3);
- DMA: 视骨架密度, 单位为克每立方厘米 (g/cm^3);
- RHOSAN: 砂岩骨架密度, 单位为克每立方厘米 (g/cm^3);
- RHOLIM: 灰岩骨架密度, 单位为克每立方厘米 (g/cm^3);
- RHODOL: 白云岩骨架密度, 单位为克每立方厘米 (g/cm^3);
- DTMA: 视声波骨架值, 单位为微秒每英尺 ($\mu\text{s}/\text{ft}$).

7.5.2.5 输出曲线主要包括:

- PHID: 密度孔隙度, 以百分数表示;
- PHIN: 中子孔隙度, 以百分数表示;
- PHIS: 声波孔隙度, 以百分数表示;
- PHIX: 中子密度交会孔隙度, 以百分数表示;
- BN: 束缚水中子孔隙度, 以百分数表示;
- DPND: 中子孔隙度与密度孔隙度的差, 以百分数表示;
- DPTD: 声波孔隙度与密度孔隙度的差, 以百分数表示;
- RPND: 中子孔隙度与密度孔隙度的比值;
- DPDM: 密度孔隙度与 MRIL 孔隙度的差, 以百分数表示;
- TPOR: 总孔隙度, 以百分数表示;
- RWA: 视地层水电阻率, 单位为欧姆米 ($\Omega \cdot \text{m}$);
- CWA: 视地层水电导率, 单位为毫西门子每米 (mS/m);
- MFFI: 总的自由流体指数, 以百分数表示;
- VQTZ: 石英含量, 以百分数表示;
- VCAL: 方解石含量, 以百分数表示;
- VDOL: 白云石含量, 以百分数表示。

7.5.3 束缚水饱和度 SWB_MRIAN.

7.5.3.1 使用核磁共振及其他测井资料计算束缚水饱和度, 并且优选其处理结果。

7.5.3.2 反映粘土特性的参数可应用交会图技术选取。

7.5.3.3 输入曲线主要包括:

- TPOR: 总孔隙度, 以百分数表示;
- PHID: 密度孔隙度, 以百分数表示;
- PHIN: 中子孔隙度, 以百分数表示;
- MSIGTA: 核磁共振总孔隙度, 以百分数表示;
- MPHITA: 有效孔隙度, 以百分数表示;
- MBVITA: 核磁共振束缚水含量, 以百分数表示;
- TDAMPHI: TDA 有效孔隙度, 以百分数表示;
- GR: 自然伽马, 单位为 API;
- BN: 束缚水中子孔隙度, 以百分数表示;
- RHOMA: 视骨架密度, 单位为克每立方厘米 (g/cm^3);
- RPND: 中子与密度孔隙度的比值;
- DPTD: 声波与密度孔隙度的差, 以百分数表示;
- DPND: 中子与密度孔隙度的差, 以百分数表示;
- RT: 地层深探测电阻率, 单位为欧姆米 ($\Omega \cdot \text{m}$);
- SP: 自然电位, 单位为毫伏 (mV);
- CCW: 粘土水电导率, 单位为毫西门子每米 (mS/m).

7.5.3.4 输入参数主要包括：

- GRB：泥岩的自然伽马，单位为 API；
- GRF：纯地层的自然伽马，单位为 API；
- BNBF：泥岩的束缚水中子孔隙度，以百分数表示；
- BNF：纯地层的束缚水中子孔隙度，以百分数表示；
- DPNDB：泥岩的中子密度孔隙度的差，以百分数表示；
- DPNDF：纯地层的泥岩的中子密度孔隙度的差，以百分数表示；
- RHOMAB：泥岩的视骨架密度，单位为克每立方厘米 (g/cm^3)；
- RHOMAF：纯地层的视骨架密度，单位为克每立方厘米 (g/cm^3)；
- DPTDB：泥岩的声波密度孔隙度的差，以百分数表示；
- DPTDF：纯地层的声波密度孔隙度的差，以百分数表示；
- RTB：泥岩的电阻率，单位为欧姆米 ($\Omega \cdot \text{m}$)；
- RTF：纯地层的电阻率，单位为欧姆米 ($\Omega \cdot \text{m}$)；
- RPNDB：泥岩的中子密度孔隙度的比值；
- STEIBER：Steiber 相关系数；
- RPNDF：纯地层的泥岩的中子密度孔隙度的比值。

7.5.3.5 输出曲线主要包括：

- SWBMRI：用有效孔隙度计算的束缚水饱和度，以小数表示；
- SWBMSIG：用核磁共振总孔隙度计算的束缚水饱和度，以小数表示；
- SWBGR：用自然伽马计算的束缚水饱和度，以小数表示；
- SWBNEUT：用束缚水中子孔隙度计算的束缚水饱和度，以小数表示；
- SWBDPND：用中子密度孔隙度比值计算的束缚水饱和度，以小数表示；
- SWBRHOMA：用视颗粒骨架密度计算的束缚水饱和度，以小数表示；
- SWBDPTD：用中子密度孔隙度比值计算的束缚水饱和度，以小数表示；
- SWBRT：用电阻率计算的束缚水饱和度，以小数表示；
- SWBSP：用自然电位计算的束缚水饱和度，以小数表示；
- SWBRPND：用中子密度孔隙度比值计算的束缚水饱和度，以小数表示；
- SWBX：用户指定测井数据计算的束缚水饱和度，以小数表示；
- SWBHL：Hodges - Lehman 法选择的束缚水饱和度，以小数表示；
- SWB：用户选择的束缚水饱和度，以小数表示；
- PHICLAY：用电阻率计算的视粘土水含量，以百分数表示；
- RPHICLAY：视粘土水饱和度，以小数表示。

7.5.4 储层参数计算 MRIAN。

7.5.4.1 综合流体分析是利用核磁共振和电阻率测井资料，计算总孔隙度、有效孔隙度、束缚水孔隙度、可动流体孔隙度、总含水饱和度、有效含水饱和度、束缚水饱和度、渗透率等参数。

7.5.4.2 输入曲线主要包括：

- SWB：束缚水饱和度，以小数表示；
- SWBMRI：用有效孔隙度计算的束缚水饱和度，以小数表示；
- MPHITA：有效孔隙度，以百分数表示；
- TDAMPHI：TDA 分析得到的有效孔隙度，以百分数表示；
- MBVITA：核磁共振束缚水含量，以百分数表示；
- MSIGTA：核磁共振总孔隙度，以百分数表示；
- TDAMSIG：TDA 分析得到的总孔隙度，以百分数表示；

- TPOR: 总孔隙度, 以百分数表示;
- RT: 深探测电阻率, 单位为欧姆米 ($\Omega \cdot m$);
- R1PRF~P4PRF: C 组 $T_2 = 0.5ms, 1ms, 2ms, 4ms$ 的孔隙度, 以百分数表示;
- P2AF~P10AF: A 组 $T_2 = 8ms, 16ms, 32ms, 64ms, 128ms, 256ms, 512ms, 1024ms, 2048ms$ 的孔隙度, 以百分数表示。

7.5.4.3 输入参数主要包括:

- RPINDEX: 总孔隙度 TPOR 调节因子;
- CSS: SW 与 SXO 的关系系数;
- FIXW: 选择参数 W 的逻辑标志;
- PHIMAX: 预计的最大孔隙度;
- WFLAG: 计算参数 W 的逻辑标志;
- WOFF: SWT - W 线性关系的截距;
- WGAIN: SWT - W 线性关系的斜率;
- HOFLAG: 稠油逻辑处理标志。

7.5.4.4 输出数据主要包括:

- PHIT: 总孔隙度, 以百分数表示;
- EPOR: 有效孔隙度, 以百分数表示;
- MPHI: 有效孔隙度, 以百分数表示;
- MBVI: 束缚水含量, 以百分数表示;
- CBVWT: 总含水孔隙度, 以百分数表示;
- CBVWE: 有效含水孔隙度, 以百分数表示;
- MBVIT: 束缚水孔隙度 (毛管水 + 束缚水), 以百分数表示;
- MSWT: 总含水饱和度, 以小数表示;
- MSWE: 有效含水饱和度, 以小数表示;
- MSWIT: 总束缚水饱和度, 以小数表示;
- MFFI: 总的自由流体指数, 以百分数表示;
- MPERME: 渗透率, 单位为毫达西 (mD 或 $10^{-3} \mu m^2$)。

8 成果图件

8.1 图件比例尺

图件比例尺为 1 : 200。

8.2 综合流体分析成果图内容

8.2.1 MRIL - C 型、MRIL - C/TP 型成果图件应包括以下内容:

- GR: 自然伽马, 单位为 API;
- T2dis: T_2 分布谱, 单位为毫秒 (ms);
- MPERM: 渗透率, 单位为毫达西 (mD 或 $10^{-3} \mu m^2$);
- MPHI: 有效孔隙度, 以百分数表示;
- SW: 含水饱和度, 以百分数表示;
- TPOR: 总孔隙度, 以百分数表示;
- MPHICO: 油气校正后的有效孔隙度, 以百分数表示;
- CBVWE: 有效含水孔隙度, 以百分数表示;
- MBVI: 束缚水孔隙度, 以百分数表示;
- HC: 含烃孔隙度, 以百分数表示;

——Movable Water: 可动水孔隙度, 以百分数表示。

8.2.2 MRIL-Prime 型成果图件应包括 8.2.1 中的基本内容, 还应包括:

- T2-POR-A: T_2 分布谱得到的 4ms~2048ms 的组分孔隙度, 以百分数表示;
- MSWE: 有效含水饱和度, 以百分数表示;
- TPOR: 核磁共振总孔隙度, 以百分数表示。

8.3 差谱成果图内容

8.3.1 MRIL-C 型、MRIL-C/TP 型成果图件应包括以下内容:

- T2L: 长等待时间所测 T_2 谱, 单位为毫秒 (ms);
- T2S: 短等待时间所测 T_2 谱, 单位为毫秒 (ms);
- T2diff: 差谱, 单位为毫秒 (ms);
- MPHEL: 长等待时间求得的核磁孔隙度, 以百分数表示;
- MPHES: 短等待时间求得的核磁孔隙度, 以百分数表示;
- MBVML: 长等待时间求得的可动流体体积, 以百分数表示;
- MBVMS: 短等待时间求得的可动流体体积, 以百分数表示;
- MPRML: 长等待时间求得的渗透率, 单位为毫达西 (mD 或 $10^{-3} \mu\text{m}^2$);
- MPRMS: 短等待时间求得的渗透率, 单位为毫达西 (mD 或 $10^{-3} \mu\text{m}^2$)。

8.3.2 MRIL-Prime 型成果图件应包括 8.3.1 中除 MBVMS, MPRMS 和 MPHES 以外的基本内容, 还应包括:

- BGAS: 含气孔隙度, 以百分数表示;
- BOIL: 含油孔隙度, 以百分数表示;
- BWTR: 含水孔隙度, 以百分数表示;
- MBVITA: 束缚流体孔隙度, 以百分数表示;
- T2-POR-A: T_2 谱得到的 4ms~2048ms 的组分孔隙度, 以百分数表示。

8.4 移谱成果图内容

8.4.1 MRIL-C 型、MRIL-C/TP 型成果图件应包括以下内容:

- T2S: 短回波间隔所测 T_2 谱, 单位为毫秒 (ms);
- T2L: 长回波间隔所测 T_2 , 单位为毫秒 (ms);
- T2GMS: 短回波间隔计算的 T_2 几何平均值, 单位为毫秒 (ms);
- T2GML: 长回波间隔计算的 T_2 几何平均值, 单位为毫秒 (ms)。

8.4.2 MRIL-Prime 型成果图件应包括以下内容:

- T2S: 用于扩散分析短 TE 的 T_2 值, 单位为毫秒 (ms);
- T2L: 用于扩散分析长 TE 的 T_2 值, 单位为毫秒 (ms);
- MBVI: 束缚流体孔隙度, 以百分数表示;
- BVW: 含水孔隙度, 以百分数表示;
- MPHI: 有效孔隙度, 以百分数表示;
- DIFSW: 含水饱和度, 以小数表示;
- T2GMS (选用): 短 TE 组的 T_2 几何平均值, 单位为毫秒 (ms);
- T2DIF1S (选用): 短 TE 组孔隙度峰值对应的 T_2 , 单位为毫秒 (ms);
- T2DIFS (选用): 短 TE 组孔隙度半峰值对应的 T_2 , 单位为毫秒 (ms);
- T2GML (选用): 长 TE 组的 T_2 几何平均值, 单位为毫秒 (ms);
- T2DIF1L (选用): 长 TE 组孔隙度峰值对应的 T_2 , 单位为毫秒 (ms);
- T2DIFL (选用): 长 TE 组孔隙度半峰值对应的 T_2 , 单位为毫秒 (ms)。

T2GMS 与 T2GML, T2DIF1S 与 T2DIF1L, T2DIFS 与 T2DIFL 三组中至少选择一组。

9 核磁共振测井资料解释

9.1 储层划分

9.1.1 使用标准 T_2 、双 TW 、双 TE 和综合流体分析成果图，划分储层。

9.1.2 储层的 T_2 分布应有大于 T_2 截止值的长组分信号。物性好的储层长组分多，物性差的储层长组分少。

9.1.3 储层的总孔隙度应达到或超过该地区储层孔隙度下限值，并且具有可动流体孔隙度。物性好的储层可动流体孔隙度大，物性差的储层可动流体孔隙度小。

9.1.4 核磁共振渗透率达到或超过该地区渗透率下限值时，该储层为产层。

9.1.5 裂缝性储层的 T_2 谱一般比孔隙性储层的 T_2 谱组长。

9.1.6 应用核磁共振测井资料划分裂缝性储层时，应参考声电成像等其他资料。

9.1.7 对复杂岩性储层，当核磁共振孔隙度与中子、密度、声波计算的孔隙度有差别时，应分析原因，优先选用核磁共振孔隙度。

9.1.8 当井眼尺寸大于核磁共振测井仪器的探测范围时，核磁共振测井资料只能作为划分储层的参考而不能作为划分储层的依据。

9.1.9 用 T_2 谱划分稠油层时，应考虑稠油的影响。

9.1.10 用 T_2 谱划分气层时，应考虑气的影响。

9.1.11 储层划分应参考其他测井资料、地质资料和试油资料。

9.2 孔隙结构分析

9.2.1 利用 T_2 谱定性或定量评价孔隙空间的孔径尺寸。

9.2.2 利用核磁共振测井资料计算区间孔隙度、毛管压力曲线和孔喉半径等。

9.2.3 利用核磁共振测井资料研究孔隙结构时，应考虑不同性质的流体对 T_2 谱的影响。

9.3 流体性质识别

9.3.1 收集地质资料、试油资料和测井资料，分析地层的岩性、物性、含油性，估算油气的粘度、扩散系数等。

9.3.2 利用 T_2 谱识别流体性质。

9.3.2.1 中等粘度油层的 T_2 谱长组分应多于相同物性的纯水层。

9.3.2.2 稠油层的 T_2 谱长组分应少于相同物性的纯水层。

9.3.2.3 特稠油层的 T_2 谱有时表现为短组分明显增多，中长组分明显减少，利用该特征可以识别特稠油层。

9.3.2.4 气层的 T_2 谱长组分应少于物性相近的纯水层。

9.3.2.5 纯水层的 T_2 谱组分相对较短。

9.3.3 利用差谱/时间域分析识别流体性质。

9.3.3.1 中等粘度油层的差谱在长组分区间应具有明显的信号。

9.3.3.2 稠油层的差谱在长组分区间基本无信号。

9.3.3.3 气层的差谱在中组分区间应具有明显的信号。

9.3.3.4 水层的差谱在长组分区间基本无信号。

9.3.4 利用移谱/扩散分析识别流体性质。

9.3.4.1 不同性质的流体具有不同的扩散系数，当回波间隔增大时， T_2 谱的前移量不等，根据其前移量可以识别流体性质。

9.3.4.2 中等粘度油层长回波间隔的 T_2 谱较短回波间隔的 T_2 谱明显前移，一般前移 2~4 倍。

9.3.4.3 稠油层长回波间隔的 T_2 谱较短回波间隔的 T_2 谱无明显前移。

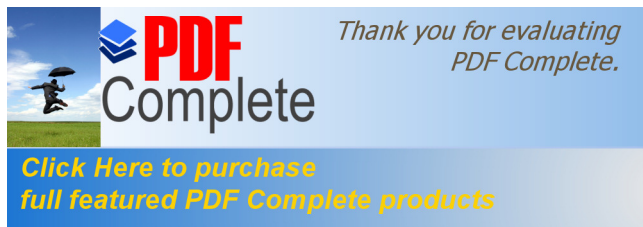
9.3.4.4 气层长回波间隔的 T_2 谱较短回波间隔的 T_2 谱明显前移。

9.3.4.5 水层长回波间隔的 T_2 谱较短回波间隔的 T_2 谱无明显前移。

9.3.5 利用综合流体分析计算的束缚水饱和度、可动流体饱和度、可动流体孔隙度可以识别流体性质。

9.3.6 当储层受到污染时，要充分考虑污染对核磁共振测井资料的影响。

9.3.7 核磁共振测井资料识别流体应与其他测井资料识别结果基本一致，当出现重大矛盾时，应分析其原因。



中华人民共和国
石油天然气行业标准
核磁共振测井资料处理及解释规范
SY/T 6617—2005

*

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
石油工业出版社印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

880×1230 毫米 16 开本 1¼印张 36 千字 印 1—1000
2005 年 8 月北京第 1 版 2005 年 8 月北京第 1 次印刷
书号: 155021·5893 定价: 12.00 元

版权专有 不得翻印