

文章编号: 0253-269X(2004)04-0046-04

岩屑热解参数恢复的新方法

吴欣松^{1,2} 韩德馨¹ 咎新³ 刘成⁴

(1. 中国矿业大学 北京 100083; 2. 石油大学 北京 102249; 3. 中石化河南油田分公司 河南南阳 473000;
4. 中国石油天然气集团公司国际合作局 北京 100724)

摘要:在利用岩屑地化录井资料进行油层产液性质评价的过程中,准确地确定岩屑中的烃类损失是一个非常关键的环节。由于引起岩屑烃类损失的因素较多,使恢复系数的确定异常困难。针对这一问题,提出了一种临界点分析法。首先利用烃类组分含量与轻重组分含量比值之间的关系,确定出两者关系变化的拐点,称为临界点,进而对比不同类型分析样品临界点对应的热解参数,最后可确定恢复系数。该方法不仅从理论上得到了科学的解释,而且在实际应用中取得了较好的效果。

关键词:岩屑;热解参数;地球化学;录井资料;储层评价;烃类损失;临界点分析法

中图分类号: TE122.3 **文献标识码:** A

Critical point analysis method for recovering pyrolysis parameters of rock cuttings

WU Xin-song^{1,2} HAN De-xin¹ ZAN Xin³ LIU Cheng⁴

(1. China University of Mining Technology, Beijing 100083, China; 2. University of Petroleum, Beijing 102200, China;
3. Henan Oilfield Company, SINOPEC, Nanyang 473001, China; 4. International Cooperation
Bureau, CNPC, Beijing 100724, China)

Abstract: To accurately recover the hydrocarbon loss in rock cuttings is a crucial step for the evaluation of reservoir and flooded oil layer during oilfield exploration and reservoir development by using pyrolysis geochemistry logging. However it is very difficult to determine the recovering coefficients because there are many causes for the loss of hydrocarbon in rock cutting. A new method for determining pyrolysis parameters of rock cutting namely critical point analysis was proposed. The first step of this method is to find the critical point by drawing the scatter plot of hydrocarbon content versus the ratio of light hydrocarbon content to heavy hydrocarbon content. The second step is to calculate the recovering coefficient by contrasting the pyrolysis parameters in the critical points of different types of analyzed samples. This method has been interpreted reasonably in the term of theory and applied in Huanghua Depression. A good effectiveness has been achieved.

Key words: rock cutting; pyrolysis parameters; geochemistry; logging data; reservoir evaluation; hydrocarbon loss; critical point analysis

1 岩屑热解参数恢复研究现状及存在问题

20世纪80年代至90年代早期,我国主要使用DH-910地化录井仪和油显示分析仪(OSA)快速评价油气层,所获得的用于评价储集岩的热解参数包括 S_0 、 S_1 、 S_2 3项主要参数,称为“三峰”热解资料^[1]。而目前我国普遍推广使用的岩石热解评价参数主要包括 S_0 、 S_1 、 S_2 、 S_{21} 、 S_{22} 、 S_{23} 5项参数,称为“五峰”热解资料^[2]。通过现场岩心、井壁取心、岩屑样品的热失重

分析和热解分析,即可以计算储层孔隙度和含油饱和度^[3],这些参数无论是对于勘探阶段的油水层划分,还是对于开发中后期水淹层的评价,都具有十分重要的作用。其基本原理是:首先,对岩心或者岩屑样品在钻井取心或岩屑上返过程中损失的烃类进行有效的恢复,然后,采用热失重的方法计算储层孔隙度,利用恢复后的总烃含量计算含油饱和度,从而对储层性质、原油性质进行评价。

在利用总烃含量 S_T 来计算含油饱和度的过程中,一个非常重要的环节,就是要尽可能准确地对烃类

损失进行恢复。造成岩屑烃类损失的因素非常多,涉及到钻头类型、油层埋深、原油性质、储层物性、放样时间等多个方面。

在烃类恢复方面,前人主要采用的方法有3种。

①单因素图版法:针对单一的影响因素,如迟到时间、放样时间、原油性质等,建立不同的恢复图版^[4,5],在使用过程中十分繁琐;②经验系数法:主要根据油层埋深、储层物性、原油性质等具体特征,通过对不同类型样品的统计分析,确定经验恢复系数^[1]。这种方法往往比较简单而且是区域性的,比较适合于勘探阶段的储层评价;而在开发阶段应用到一个具体的含油断块上时,则往往因为地质条件的特殊性而引起较大的误差。③相关关系法:它是在假定重组分 $S_{22} + S_{23}$ 基本没有损失的前提下,通过 S_1 、 S_{21} 、 S_{22} 与 S_{23} 间的关系来进行恢复^[2]。该方法比较适合于胶结较好的中低孔隙度、中低渗透率储层,而对于成岩性差、非常疏松的高孔隙度、高渗透率储层,则因钻井过程中泥浆的冲刷或者泥浆滤液的侵入, S_{23} 往往损失也比较大。

本次研究工区位于黄骅坳陷某开发断块,利用岩屑热解地化录井资料开展水淹层评价,为调整井优选试油射孔层位提供依据。目前该断块共有5口井开展了热解地化录井工作,其中只有一口取心井,即G1井。该井在1488.00~1496.50m井段密闭取心,进尺为8.5m,岩心长8.5m,收获率100%;第二、三、四筒均为常规取心,总取心进尺为19.7m,收获岩心16.4m,总收获率为83.0%。含油层系为上第三系明化镇组和馆陶组,储层成岩性差,属于高孔-特高孔、高渗-特高渗储层。孔隙度约为30%~37%,原油密度为0.91~0.93g/cm³,油层埋藏深度为1300~2000m。

在研究过程中发现,烃类恢复过程中存在以下主要难题:①利用大港油田总结的经验恢复系数^[4]不适合于本断块,解释的含油饱和度普遍偏低;②由于本区岩性疏松,岩屑 S_{23} 损失量也比较大,无法使用上面介绍的第3种方法;③缺乏对应井段的钻井取心和岩屑录井数据,即在钻井取心部位没有井壁取心或岩屑分析数据,因此无法直接确定恢复系数。针对上述困难,本次研究从一个全新的角度,通过热解烃类轻组分含量 $S_1 + S_{21}$ 、重组分含量 $S_{22} + S_{23}$ 及轻、重组分含量的比值 $R = w(S_1 + S_{21})/w(S_{22} + S_{23})$ 之间的关系来确定烃类恢复系数,进而形成了一种新的方法——临界点分析法。

2 临界点分析法的基本原理

2.1 临界点的确定

首先根据不同类型(密闭取心、普遍取心、井壁取心、岩屑)样品的岩石热解分析参数,分别绘制轻组分含量 $S_1 + S_{21}$ 、重组分含量 $S_{22} + S_{23}$ 与轻、重组分含量比值 R 之间的关系图。图1给出G1井的热解参数关系,从图上可以确定出一个明显的拐点,称之为临界点。在临界点左侧, R 随着 $S_1 + S_{21}$ 或 $S_{22} + S_{23}$ 的增加而增加,而在临界点右侧, R 值基本稳定在某一个固定的数值以上。另外,从图上还可明显看出,在临界点右侧,不同类型样品之间的 R 基值也不同。钻井取心样品为1.00,岩屑样品为0.93,这主要是轻组分和重组分损失程度的不同造成的。由于轻组分较重组分的损失量大,因此使得 R 值降低。正是由于岩屑样品轻组分损失大于重组分损失,从而使得 R 值低于钻井取心分析数据。

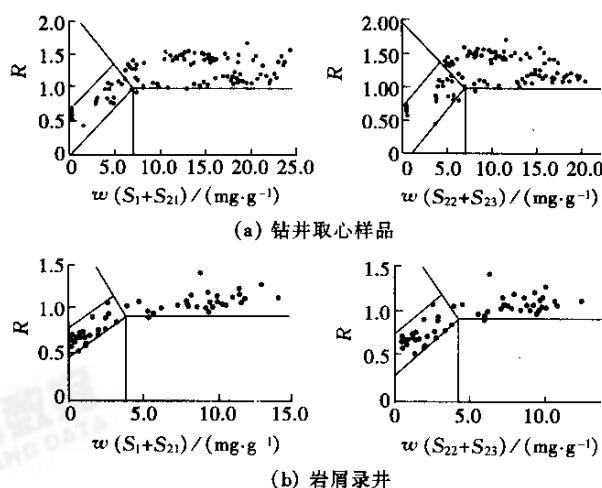


图1 不同类型样品热解分析参数间的关系

Fig.1 Scatter plot of pyrolysis parameters for different samples

临界点法的地质含义是:在同一区块同一含油层系,当原油性质基本相似时,含有可动油的储层与不含可动油储层的 R 值存在明显的突变。当 R 值大于临界值时,是可动油存在的反映;否则,地层中只含残余油,以重组分为主,所以 R 值比较低。

2.2 恢复系数的确定

通过分析不同类型样品临界点数值的差异,就可以确定烃类恢复系数。其具体的方法是:岩屑热解分析参数确定的临界点数值与岩心分析数据得到的临界点数值之商就是恢复系数。因此,本井岩屑的轻组分恢复系数 $K_1 = 7.0 \div 3.9 = 1.79$;重组分的 $K_2 = 7.0 \div$

4.2=1.67。可以看出 ,岩屑样品的烃类损失是非常高的。

由于临界点位置的确定存在一定程度的人为性 ,因此临界点确定的合理性就成为一个十分重要的问题。

设岩心样品的轻组分含量为 Q_1 ,重组分含量为 Q_2 ,轻、重组分质量比值为 R ;岩屑样品热解分析的轻组分含量为 Q'_1 ,重组分含量为 Q'_2 ,轻、重组分质量比值为 R' 。根据定义 ,有 $K_1 = Q_1/Q'_1$; $K_2 = Q_2/Q'_2$; $R = Q_1/Q_2$; $R' = Q'_1/Q'_2$,由此可以推出 : $R/R' = K_1/K_2$ 。

因此 ,检验临界点的合理性的一个非常简单的方

法就是 :考察岩屑样品的轻组分恢复系数 K_1 与重组分恢复系数 K_2 的比值和岩心与岩屑样品在大于临界点数值时所对应的基值 R 与 R' 的商是否接近。如果比较接近 ,则说明所确定的关键点是合理的。以 G1 井资料为例 , $K_1/K_2 = 1.79/1.67 = 1.073$; $R/R' = 1.0/0.93 = 1.075$,两者基本接近。

3 应用效果

利用上述方法确定的烃类恢复系数 ,对研究区 5 口井进行了水淹层热解地化录井评价 ,表 1 是 2 个具有试油结论的层以及一个具有对应钻井取心与岩屑分析数据层的评价结果。

表 1 水淹层热解地化录井评价结果

Table 1 Evaluation results of water-cutting layer

井号	层 段 /m	S_T ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	Φ /%	S_o %	地化解释 结 论	测井解释 结 论	试 油 结 果
G2	1638.5~1642.2	23.80	29.35	24.30	中水淹层	弱水淹层	产油量 $10\text{m}^3/\text{d}$,产水量 $5\text{m}^3/\text{d}$
G3	2049.8~2053.5	30.60	22.25	48.34	油 层	油 层	产油量 $50\text{m}^3/\text{d}$,产气量 $14000\text{m}^3/\text{d}$,水量 $1\text{m}^3/\text{d}$
G1	1510.5~1512.0	13.80 15.50	27.43 27.17	15.92 16.50	含油水层	干 层	(岩屑样品恢复后) (钻井取心样品)

(1) G2 井 22 号层 ,深度为 1638.5~1642.2m ,岩屑恢复后总烃含量 S_T 为 23.80mg/g ;热失重计算孔隙度为 29.35% ,热解解释含油饱和度 24.30% 。井壁取心样品气相色谱显示为生物降解油 ,具有中水洗特征 [图 2(a)] ,地化综合解释为中水淹层。试产油 $10\text{m}^3/\text{d}$,产水 $5\text{m}^3/\text{d}$,含水率为 33% 。

(2) G1 井 40 号层 ,深度为 2049.8~2053.5m ,岩屑恢复后总烃含量 S_T 为 30.60mg/g ;热失重计算孔隙度为 22.25% ,热解解释含油饱和度为 48.34% 。井壁取心气相色谱表现为明显的全油特征 [图 2(b)] ,地化综合解释为油层。试产油 $50\text{m}^3/\text{d}$,产水 $1\text{m}^3/\text{d}$,气 $14000\text{m}^3/\text{d}$,含水率为 2% 。

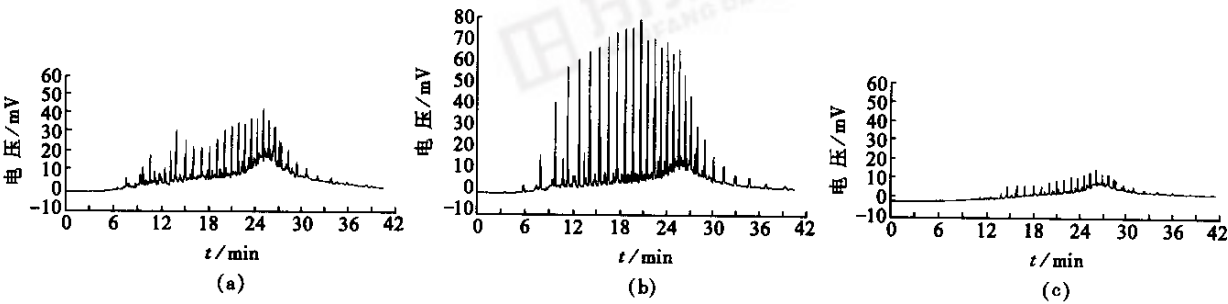


图 2 储层饱和烃气相色谱

Fig.2 Chromatography reagent of saturated hydrocarbon in oil-bearing reservoir

(3) G1 井 14 号层 ,深度为 1510.5~1512.0m 。岩屑恢复后总烃含量 S_T 为 15.92mg/g ;热失重计算孔隙度为 27.43% ,热解解释含油饱和度为 17.21% 。对应地 ,钻井取心总烃含量 S_T 为 15.5mg/g ;热失重计算孔隙度为 27.17% ,热解解释含油饱和度

16.50% ,两种样品分析结果非常接近。钻井取心气相色谱显示为水层特征 [图 2(c)] ,地化综合解释为含油水层。

由上可见 ,在准确进行烃类恢复的前提下 ,利用岩屑热解资料开展水淹层评价具有较高的可靠性。

4 结 论

(1) 临界点分析法是在综合考虑了钻井条件、油藏地质特征等影响烃类损失的多种因素的基础上,恢复岩屑样品热解烃类损失的有效方法,在应用时应合理确定不同类型分析样品热解参数关系图临界点的位置。

(2) 在同一油田范围内,在含油层系相同、埋藏深度基本一致的情况下,只要有一口取心井具备较系统的岩心分析资料,即可确定全油田岩心样品的热解参数临界点。但在采用岩屑样品时,由于钻井条件的差别,则必须确定出每一口井岩屑样品的热解参数临界点,才能取得较好的恢复效果。

参 考 文 献

- [1] 丁莲花,刘志勤,翟庆龙. 岩石热解地球化学录井[M]. 山东东营:石油大学出版社,1993:73-76.
- [2] 郎东升,金成志,郭冀义,等. 储层流体的热解及气相色谱评价技术[M]. 北京:石油工业出版社,1999:47-58,91-107.
- [3] 吴欣松,王志章,李恩重,等. 亮点指数在储层现场快速评价中的应用[J]. 石油学报,2000,21(6):39-42.
- [4] 郭立言,丁莲花. 油气储集岩热解快速定量评价[M]. 北京:石油工业出版社,2000:35-39.
- [5] 大港油田科技丛书编委会. 录井技术[M]. 北京:石油工业出版社,1999:133-134.

(收稿日期 2003-07-03 改回日期 2003-12-01 编辑 张 怡)

书 讯

《陆相断陷盆地隐蔽油气藏形成》简介

陆相断陷盆地断层发育,沉积体系类型多样,具有多期成盆、复合成烃、复式成藏的特点,其所固有的地质特点决定了隐蔽油气藏是成熟探区增储稳产的重要领域。隐蔽油气藏形成机制和分布规律复杂、勘探技术要求高,勘探上具有高难度和高风险的特点。也正因为其复杂性和多样性,学术界少有专著对陆相断陷盆地隐蔽油气藏形成机制进行全面、系统的阐述。此书瞄准这一石油地质前沿领域,并以此为切入点,选题新颖,视角独特。

此书作者吸收了历次隐蔽油气藏科技攻关的大量研究成果,特别是“九五”以来的最新成果,以陆相断陷盆地“断坡控砂”、“复式输导”及“相势控藏”三大核心理论为主线,在系统研究济阳坳陷隐蔽油气藏的地质特征的基础上,从构造特征、沉积特征、成岩作用三方面阐述了隐蔽圈闭发育模式,从有效烃源岩、油气输导体系、温压场三方面阐述了隐蔽圈闭的油气运聚条件,通过大量的岩石物理模拟和数值模拟,论证了岩性油气藏(重点是透镜体岩性油气藏)、地层油气藏(重点是地层超覆油气藏)聚油气机理,提出了岩性油气藏的三元成藏模式及地层油气藏的“T-S”成藏模式,并通过油气发现过程模型的建立和油气成藏门限的研究,对济阳坳陷隐蔽油气藏资源潜力进行了预测和评价。专家们认为,此书提出的“断坡控砂”、“复式输导”、“相势控藏”等重要理论认识,为中国石油地质理论的发展做出了一定的贡献。

石油地质学是一门实践性很强的科学,同时又需要不断的理论创新。此书是胜利油田与石油大学协作攻关的结晶,作者既有胜利油田一批长期从事油气勘探实践和科研工作的石油地质专家,又有石油大学一批多年从事石油地质教学和科技创新工作的国内知名的专家、教授,其理论的阐述建立于大量实践的基础之上,又进一步指导了油气勘探工作,理论和实践真正实现了紧密结合。理论性强,又易于实际推广应用,这是此书的又一特色。

(何文渊 供稿)