

欠压实带与超压带的测井识别

赵新民^{1,2}, 李国平¹, 王树寅¹, 王 青¹

(1. 中国石油勘探开发研究院廊坊分院, 河北廊坊 065007;

2. 中国地质大学, 北京 100083)

摘要: 欠压实带是因地层具异常高压形成的, 但这并不能完全代表现今欠压实带就一定为高压(超压)带, 因为古高压(超压)在地质历史中, 可能因诸多原因已释放。因此, 在确定欠压实带是否仍存在高(超)压时, 须视同一剖面砂、泥岩的测井曲线而定, 若二者反映的同一层段都存在欠压实现象, 则表明现今仍为高压(超压)带; 若不一致, 则说明古高压(超压)已释放。塔里木盆地以此方法判识的高压(超压)带与测试结果一致。山西沁水盆地 QC₁ 井依此判断, 其 3 个欠压实带现今均为常压段。

关键词: 测井资料; 欠压实带; 古高(超)压带; 今高(超)压带; 实例

第一作者简介: 赵新民, 男, 37 岁, 高级工程师, 测井地质及解释

中图分类号: P631

文献标识码: A

1 原理

欠压实与超压是两个既有关系又有区别的概念, 但在以往研究孔隙压力时, 这两个概念往往被混同起来, 认为地层存在欠压实异常就必然存在超压现象, 造成地层压力预测时的失误。

欠压实现象往往是由地层超压引起的。当压实处于平衡时, 岩石骨架支撑上覆负荷, 孔隙流体不承受上覆负荷, 它只是由流体自身重力构成了孔隙压力, 即孔隙中静水柱所施的力(静水柱压力), 地层处于正常压力系统。随着上覆负荷继续增加, 如要保持平衡, 则排出流体速度要等于上覆负荷增加速度(即压实速度), 如果两者不能保持平衡, 发生上覆负荷增加速度(压实速度)大于流体排出速度, 将发生部分上覆负荷由流体承担, 因而孔隙流体压力增加, 形成局部高压; 由于上覆负荷部分或甚至大部分由流体承担, 这时孔隙流体压力很高, 阻碍了压实作用的进行, 形成了具有高压、高孔特征的欠压实带。这种欠压实带可能仅存于较厚的泥岩中, 也可能存在于一组泥岩和砂岩共同形成的较大范围内的地层中。在这一过程中, 随着埋深的增加, 上覆负荷继续增加, 地层压力也在增加, 而欠压实程度却在减小。

在漫长的地质过程中, 高流体压力可能会由于

各种地质作用, 如过超压而产生裂缝、构造运动而产生断层、地层抬升剥蚀、地温下降流体体积变小等原因而释放, 从而导致超压带(甚至欠压实带)消失。

我国东部一些盆地欠压实带的保持时间要大于超压带的保持时间(表 1)。因此, 超压会引起欠压实现象, 但欠压实现象只反映地层中曾存在古超压, 并不能说明现今地层就一定为超压层。

表 1 中国东部盆地和坳(凹)陷超压带和欠压实带的保持时间^[1]

Table 1 Retentive time of superpressure and uncompacted belts in basins and depressions in East China

盆地	时代	保持时间/Ma		原因
		欠压实带	超压带	
黄骅	E	37.5	37.5	长期下沉
百色	E	44	0	E 末抬升
南襄	K ₂ -E	37.5	0	E 末抬升
三水	K ₂ -E	53.5	0	E 末抬升
南华北	C-P	0	0	T ₂ 抬升

超压带与欠压实带在测井资料上主要是以高孔隙特征反映出来的。传统的作法是通过绘制泥岩声波时差与深度关系图, 研究泥岩埋深与孔隙度的关系。根据数据点的统计规律, 建立正常压实趋势线。分析单井数据与正常压实趋势线的关系, 声波时差向小的方向偏离压实趋势线的地方认为是过压实现象; 声波时差向大的方向偏离趋势线的地方认为是欠压实现象。并且认为, 欠压实带及其下

部地层存在超压的影响,而且可以用数据偏离正常压实趋势线的程度来判断超压的大小。这一传统的方法在过去的勘探实践中应用很广,很多地区取得了较好的应用效果^[2]。但在有些地区却不能正确预测地层流体压力^[3]。

处在欠压实带中的砂、泥岩层,在各种地质作用下,有些地层古超压可能会释放,使得地层压力迅速下降,地层流体不再支撑上覆地层压力,导致高孔隙特征逐渐消失,在测井资料中表现为正常压实甚至形成致密层。而对于泥岩地层来说,在地层古超压释放时,由于泥岩中的流体不容易排出(仅在靠近砂岩层界面附近或断层面附近的局部流体可以排出),使得泥岩层地层压力不容易释放,地层流体仍然在支撑着上覆地层压力,使其高孔隙的特征仍然得以保持,在测井资料中仍表现为欠压实状态。这一特征在较厚的欠压实泥岩中更为常见。古超压的释放破坏了一个较大的超压系统,同时在其所在的泥岩层中形成了多个小超压系统,泥岩的欠压实现象得以较长时间的保留。

从上面的分析可以看出,在一般地层条件状况下,沉积岩的泥岩欠压实代表古超压曾存在,而砂岩欠压实代表古超压是否保持。泥岩声波时差-深度图可用来分析泥岩的欠压实异常,而利用砂岩声波时差-深度图可以分析砂岩压实状况,两者对比分析就可以判断在欠压实带中的古超压是否消失,即超压是否存在。

2 方法

2.1 欠压实带现象

砂、泥岩的欠压实现象在剖面中有3种情况:(1)正常压实,泥岩、砂岩压实图均呈现正常压实,均无明显高孔隙异常带存在;(2)存在欠压实但无超压,泥岩有欠压实现象,而砂岩无明显欠压实现象,砂、泥岩压实不匹配,说明地层古超压已消失,现今地层中并无超压存在;(3)欠压实与超压并存,泥岩、砂岩压实曲线上都有欠压实现象,说明地层的异常高压仍在保持,地层具有较高的流体压力,即存在超压。

2.2 确定超压带

(1)在正确识别岩性的基础上,按同一比例,分别绘制泥岩声波时差-深度图和砂岩声波时差-深度图;

(2)利用上述两图分别研究砂、泥岩的压实规

律,划出正常压实趋势线;

(3)分别划出泥岩欠压实带和砂岩高孔隙异常带;

(4)对比两图,分析泥岩欠压实带与砂岩高孔隙异常带是否匹配,如匹配,则说明本井段存在超压现象,如不匹配,则说明本井段不存在超压现象;

(5)如存在超压现象,根据资料点偏离正常压实趋势线的大小程度,应用等效深度法等计算地层压力大小。

3 实例

3.1 YN2井

YN2井位于塔里木盆地库车坳陷克-依构造带,从3 940 m开始,泥岩的声波时差值偏离正常压实趋势线(图1),说明以下井段存在欠压实异常。从4 240 m开始,砂岩声波时差偏离正常压实趋势线,说明以下井段存在砂岩欠压实异常,较高的砂岩

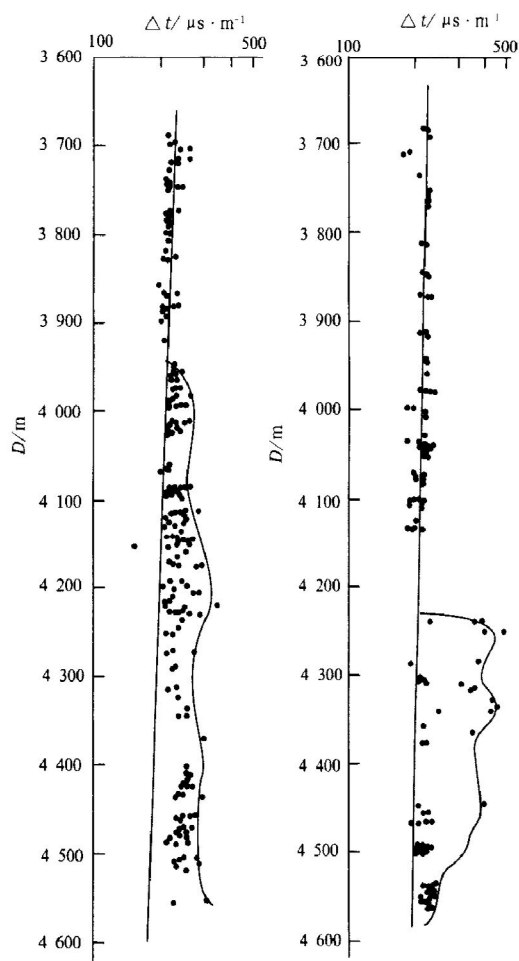


图1 YN2井声波时差-深度图

Fig. 1 Correlative diagram of acoustic time and depth in YN2 Well
a—泥岩; b—砂岩

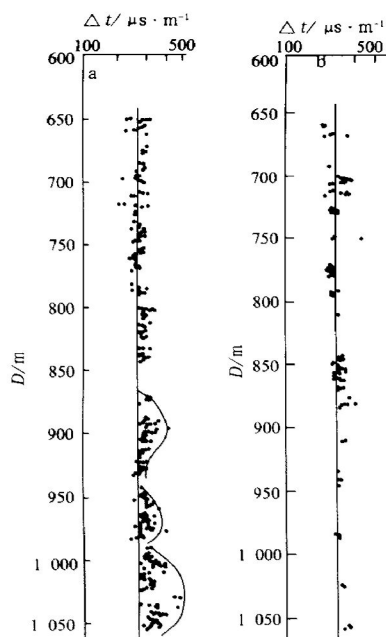


图2 QC1井声波时差-深度图

Fig. 2 Correlative diagram of acoustic time and depth in QC1 Well
a—泥岩; b—砂岩

孔隙度表明此段超压仍得以保持, 而 3 390~ 4 240 m 井段的砂岩地层已不再保持超压。这一结论与地层测试结果一致。经测试, YN2 井在 4 240 m 以下的砂岩地层中, 压力梯度为每百米 1.68~ 2.04 MPa。

3.2 QC1 井

QC1 井是山西沁水盆地的一口科探井。860~ 930 m, 940~ 970 m, 990~ 1 060 m 3 个井段为泥岩欠压实带, 而砂岩属于正常压实(图 2), 由此可知, QC1 井欠压实带中的古超压已经释放, 现今不存在超压。QC1 井经过全井系统测试证实, QC1 井 800~ 1 090 m 井段地层流体属于正常压力, 没有超压, 且产能很低。

参 考 文 献

- 1 张博全. 压实油气勘探中的应用[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1992
- 2 刘震. 储层地震地层学[M]. 北京: 地质出版社, 1997
- 3 邵新军, 许响. 地层流体压力预测方法的讨论[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(3): 100~ 102

LOGGING IDENTIFICATION OF UNCOMPACTED AND SUPERPRESSURE BELTS

Zhao Xinmin^{1,2} Li Guoping¹ Wang Shuyin Wang Qing

(1. Langfang Branch of Petroleum Exploration and Development, Langfang, Hebei; 2. China University of Geosciences, Beijing)

Abstract: Uncompacted belts were formed by abnormal high formation pressure. But this does not mean that all the present uncompacted belts are now still high pressure or superpressure belts. It has to be decided by the log of the sandstone and mudstone of the same section. If the log of the sandstone and mudstone indicates the existence of uncompaction in the same interval, it is certain that the uncompacted belt is still a high or superpressure belt; otherwise, the uncompacted belt is not high or superpressure belt. This method was used in Tarim and Qinshui Basins, the results are satisfactory.

Key words: well log data; uncompacted belt; fossil high pressure belt; present high pressure belt; example