

沉积学研究中的地层倾角测井资料解释

李洪奇

(石油大学 山东东营 257062)

提 要 地层倾角测井资料中包含着丰富的地质信息,它不仅可以反映地层的岩性界面,而且对于地层的时间当量层理面也有所响应,即当地层的沉积构造发生变化时,与之相应的地层倾角和侧向也将随之发生变化。在地层倾角矢量图上,根据倾角矢量随深度的变化关系可以将其划分为五种颜色模式:蓝模式、红模式、绿模式、黄模式和白模式,这五种颜色模式分别反映不同的沉积构造。砂岩体在倾角矢量图上主要表现为三种矢量图模式:a. 古水流模式—水流层理、顺流加积和进积;b. 底线模式—侧向加积和冲蚀接触;c. 地层形状模式—压实模式、古水流模式和底线模式可以指示以水流为其搬运介质的沉积砂体,如河道沉积和三角洲沉积,压实模式可以指示岩礁或砂坝。综合分析地层倾角矢量图、地层倾斜方位频率图和画有横向对比线的地层倾角极板曲线图可以研究如下所述的地层沉积学问题:1)地层的形状特征,如地层的厚度、地层的延伸方向和延伸范围、地层面形状。2)地层界面特征,即相邻地层的接触关系,是渐变接触还是突变接触。3)层理特征,如块状层理、纹层状层理和非均质层理。4)沉积旋回和韵律。5)古水流方向和砂体加厚方向。6)砂体微相,即当大的沉积环境(如三角洲沉积环境)已知的条件下,可以识别(如分流河道砂体、河口坝砂体等)砂体微相。

关键词 地层倾角测井资料 沉积学特征 砂体微相

第一作者简介 李洪奇 男 34 岁 硕士 副教授 石油地质

常规测井资料反映的往往是岩性界面,即当岩性发生变化时,曲线的幅度将随之发生变化;而地层倾角测井资料则有所不同,它不仅可以反映地层的岩性界面,而且可以指示地层的时间当量层理面。就沉积岩石学问题来说,当地层的沉积构造发生变化时,与之相应的地层倾角和地层倾向也将随之发生变化。因此,可以利用地层倾角测井资料研究地层沉积学问题。

1 识别基本的沉积特征

在传统的地层倾角矢量图上给出了三项信息:a. 矢量所在地层的倾角;b. 矢量所在地层的倾向;c. 矢量所在地层的深度。根据倾角矢量随深度的变化情况可以将倾角矢量划分为五种颜色模式:(1)蓝模式:倾向不变,倾角随深度增加而减小;(2)红模式:倾向不变,倾角随深度增加而增大;(3)绿模式:倾角和倾向均不随深度变化;(4)黄模式:矢量杂乱,即倾角和倾向随深度增加均呈不规律变化;(5)白模式:无矢量显示。地层倾角矢量图颜色模式如图 1 所示。

1.1 砂岩体中的主要倾角矢量图模式

在地层倾角矢量图上,砂岩体主要表现为三种矢量图模式:(1)古水流模式—水流层理、

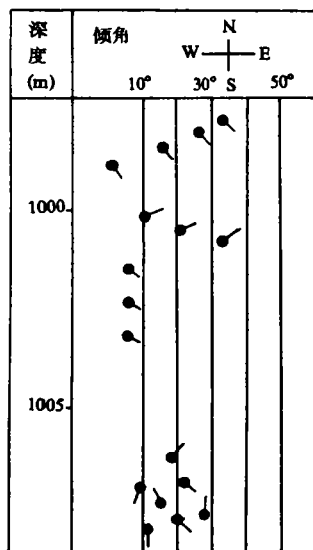


图 1 地层倾角矢量图颜色模式
Fig. 1 Coloured Dip Patterns

1.2 地层形状特征

地层形状可以用如下三个参数描述:地层厚度、地层形状和横向延伸范围。在井眼剖面上具有相同岩性地层的厚度变化,可以指示沉积韵律的变化,并且可以作为研究沉积环境的时间标志层。利用画有横向对比线的地层倾角极板曲线和地层倾角矢量图可以实现地层的纵向分层。

根据地层面的形状特征可以定义不同形状的地层面。如平坦的、波状的、平行的、非平行的、连续的或非连续的等。非连续波状界面地层的倾角测井响应如图 2 所示。

具有平行界面的地层越厚,地层的横向延伸范围越大,如果已知岩层顶底界面的倾角和倾向,可以推断地层变薄的方向和尖灭点。倾角和倾向相对一致的诸地层彼此迭覆出现的厚度越大,地层的横向延伸范围也越大。

1.3 地层界面特征

不同地层间的接触关系既可以是突变接触,也可以是渐变接触,突变接触说明由于沉积条件的突然变化使得在该沉积环境中沉积的沉积物发生突变,即从一种岩性地层突然变化到另一种岩性地层。这种突变接触既可以是整合接触,也可以是不整合接触。一般来说,不

顺流加积和进积;(2)底线模式一侧向加积和冲蚀接触;(3)地层形状模式一压实模式。古水流模式和底线模式可以指示以水流为其搬运介质的沉积砂体,如河道沉积和三角洲沉积;压实模式常常指示地层形状,如岩礁或砂坝。

水流层理和顺流加积常表现为蓝模式,但是水流层理较顺流加积的方位一致性要好。

侧向加积作用形成的砂体表现为红模式迭覆出现在蓝模式之上,倾向相同。利用结构变化可以区分侧向加积和进积。向上变细层序指示侧向加积;而向上变粗层序代表进积。河道沉积中常常出现侧向加积作用形成的向上变细的砂岩体,而进积作用产生向上变粗的砂岩体。

类似于河道沉积砂体的充填砂岩在倾角矢量图上可以表现为拖尾状的红模式。

压实模式是由于围绕岩礁或坝形砂体上下的泥岩的压实作用产生的。覆盖在岩礁或坝形砂体之上的披覆泥岩由于压实作用产生红模式,倾向指示坝形砂体或岩礁在泥岩中的尖灭方向。在坝形砂体或岩礁之下的下伏泥岩由于压实作用产生蓝模式,倾向指示坝形砂体或岩礁本身。

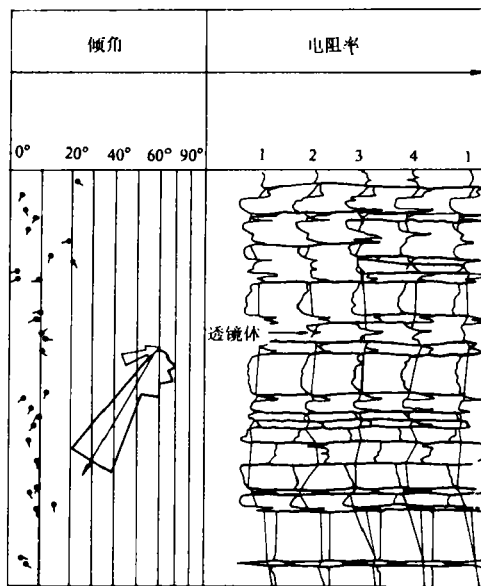


图 2 非连续波状界面

Fig. 2 Showing discontinuous wavy bounding surface

整合接触在地层倾角极板曲线上表现为台阶状,相应的倾角矢量也会出现角度和方位的突然变化。当岩层间为渐变接触时,岩层界面不易划分。

1.4 层理特征

根据地层倾角测井资料可以识别部分层理构造。

1)块状层理 在地层倾角极板曲线上表现为极板曲线幅度几乎不变,在地层倾角矢量图上为白模式,它指示在相对稳定的沉积环境中沉积的均质地层,如图 3 所示。

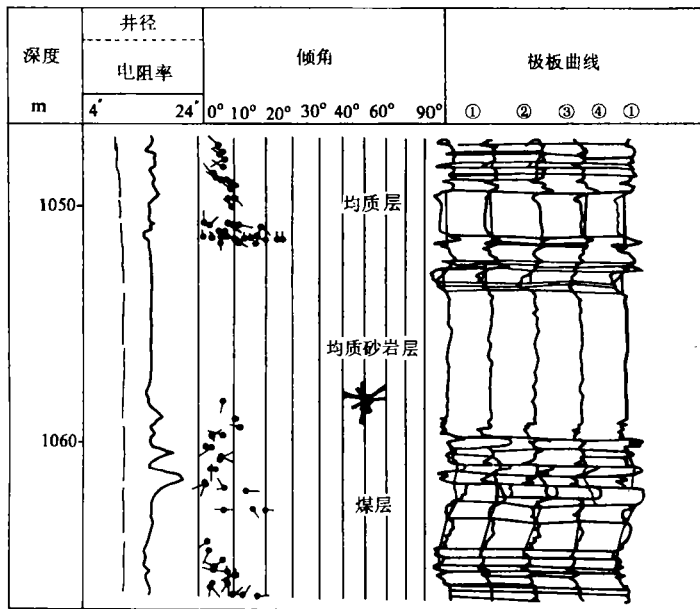


图 3 均质地层

Fig. 3 Example of homogeneous beds

2)纹层状层理 一个地层可以由很多纹层组成。这些纹层可以是平行的、倾斜的或交错的,分别对应于平行层理、倾斜层理和交错层理。河流相砂岩交错层理的典型响应模式如图 4 所示。

3)非均质层 在地层倾角极板曲线上表现为一系列不可对比的事件,四条极板曲线的一致性差。非均质层可以是砾岩层、含有(燧石、卵石、硬石膏或钙质结核等)杂物的非均质泥岩层等。礁岩地层也可以显示出非均质性。

1.5 沉积旋回和韵律

一般来说,所有测井资料都能正确反映沉积旋回和韵律,尤其是具有较高纵向分辨率的地层倾角测井资料,详细记录了沉积旋回的微小变化。地层倾角测井极板曲线的幅度和倾角矢量的角度与沉积环境的能量和沉积物颗粒粒度成正比,即沉积环境的能量越大、沉积物颗粒粒度越大则地层倾角测井极板曲线幅度越大、倾角矢量角度越大。

1.6 古水流方向和砂体加厚方向

在地层倾角矢量图上,蓝模式指示水流层理,蓝模式的倾向指向古水流方向。在地层倾角的方位频率图上,主峰方位可以给出水流方向信息。

根据倾角矢量图上红模式的倾向可以推断砂体的加厚方向。对于河道沉积砂体,砂岩段红模式的倾向指示河道底线所在方向,即砂体加厚方向;对于坝形砂体,其上披覆泥岩产生的红模式的倾向指向砂体在泥岩中的尖灭方向,红模式倾向的反方向指向坝体本身。

2 三角洲环境中的典型测井响应模式

在图 5 中,自然电位曲线 SP 或自然伽玛曲线 GR 下部为箱形曲线,这说明该地层的顶底界面均为突变接触。倾角矢量图上为一拖尾状的红模式,说明该砂体为类似于河道砂的充填砂岩沉积。砂岩段的红模式是由于在砂体沉积过程中对其下伏泥岩的压实作用产生的。红模式的倾向与砂体延伸方向垂直。这类砂体也可以沉积在其它环境。

其上的蓝模式既可能是决口扇沉积也可能是河口坝沉积。曲线的锯齿现象说明沉积的间断性,它对确定砂体微相帮助不大,因为它与很多因素有关。此时,依靠单井测井资料是不足以区分河口坝和决口扇的,然而多井研究可能有助于我们勾画出河道中砂体的分布情况,有限的砂体延伸范围说明该砂体可能是决口扇。当砂体的分布范围较广时,可能指示河口坝。一般来说,决口扇产生的蓝模式的倾向偏离河道走向,而河口坝产生的蓝模式的倾向平行于河道走向。在该例中,水流方向与蓝模式的倾向一致,南东向。下伏的构造倾角可能指示决口扇是沉积在平坦的三角洲平原上。

红模式迭覆在蓝模式之上,这是河口坝砂体与河道充填砂体迭覆沉积的特征。河口坝内的前积纹层产生蓝模式,其倾向与水流方向一致;河道砂体产生红模式,其倾向指向河道底线所在方向,即砂体加厚方向。

其上的黄模式可以有多种解释,但在这里最可能的情况是分支河道砂或河口坝砂体经过再改造后的沉积。因为它被夹杂在许多河道沉积之间。这种砂体通常很纯净,而且具有很好的渗透性。

蓝模式与红模式迭覆出现,倾向近似垂直,可能指示分支河道沉积。红模式的倾向指向河道中心,即砂体加厚方向;蓝模式的倾向指示古水流方向。

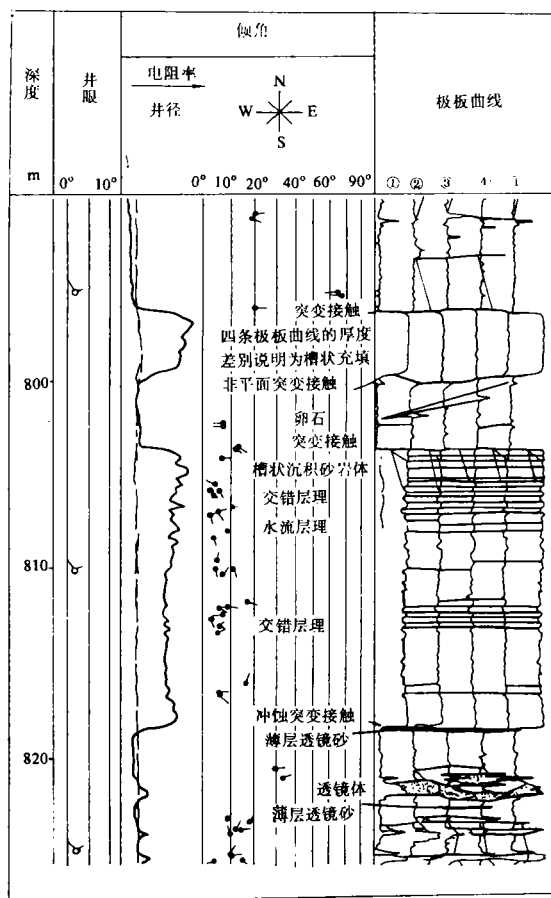


图 4 河流相砂岩中的交错层理

Fig. 4 Showing cross-bedding in a fluvial sandstone

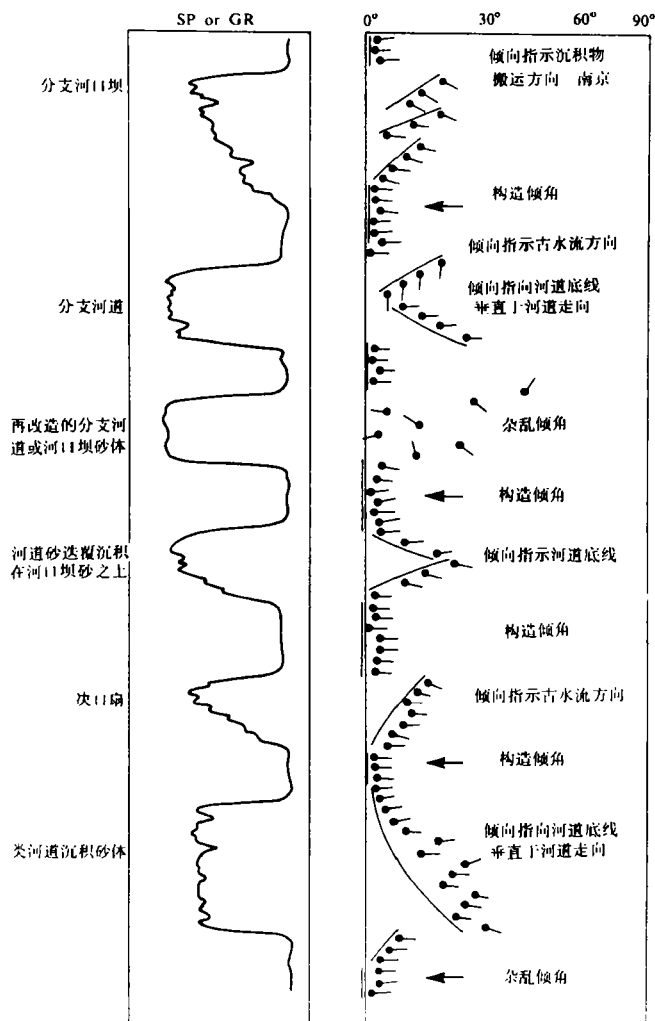


图 5 三角洲环境中的典型测井响应模式

Fig. 5 Typical response model of well logging in delta environment

最上部地层的 SP/GR 曲线为一漏斗形,在倾角矢量图上显示为多组蓝模式。这样的测井响应特征既可以指示河口坝沉积,也可以指示决口扇沉积。根据多井分析得知,该砂体出现在河道尽头,因此,是河口坝沉积。地层倾角的幅度变化可以给出有关坝体形状信息。当地层倾角变化幅度大于或等于 10 度时,坝体可能是顺水流方向延伸的。若角度的变化范围小于 10 度,坝体可能呈新月形或扇形。

在划分沉积微相过程中,岩性剖面是必不可少的。例如在三角洲沉积环境中,坝形砂体究竟是河口坝还是远砂坝,单凭测井响应是不足以定论的。但是结合岩性剖面,就有可能区分它们。通常情况下,河口坝的砂子比较粗,可为砂级;而远砂坝的砂子比较细,一般为细砂或粉砂,并且泥质含量高。

总之,在解释过程中应该充分利用一切可以得到的资料,在相序递变规律的指导下,综合分析判断,以便做出最有说服力的结论。

结 论

地层倾角测井资料中记录着丰富的地层沉积学信息,是沉积相研究工作中既方便又经济的有用工具。利用地层倾角测井资料可以解释地层层理构造、古水流方向、砂体加厚方向、岩层厚度、岩层间接触关系和沉积旋回等问题。在大的沉积环境已知的条件下,利用地层倾角测井资料可以识别沉积微相,从而实现非取芯井段并剖面沉积相带的连续划分。

收修改稿日期:1993-7-12

参 考 文 献

- [1] 赵微林,吴崇筠,1987,油区岩相古地理,北京,石油工业出版社,10.
- [2] Campbell, C. V., 1967, Vamina, Laminaset, Bed, Bedset. *Sedimentology*, (8), 7~26.
- [3] O. Serra, 1985, *Sedimentary Environments from Wirelinelogs*, Schlumberger Inc.

Interpretation of Dipmeters in Sedimentological Research

Li Hongqi

(University of Petroleum, East China)

Abstract

There is a lot of geological information in dipmeters. Not only can lithological boundaries be responded, but also bedding planes of time equivalent can be detected by dipmeters. In other words, when sedimentary structure of a zone changes, the dip angle and azimuth of the zone will change. According to the relationship of dip vectors with depth, five groups of dip patterns (color patterns) are defined on tadpole plot, i. e., blue pattern, red pattern, green pattern, yellow pattern, and white pattern. These patterns stand for different sedimentary structures. Sand bodies contain three major groups of dip patterns; paleocurrent indicators (current bedding, downstream accretion and progradation); thalweg indicators (lateral accretion and erosional contact); and topographic indicators (compaction). Paleocurrent and thalweg indicators are used in current dominant sand bodies such as fluvial channels and deltas. The compaction indicators used in defining topographic features such as reefs and bars. The following sedimentological features can be studied by integrated analysis of tadpole plots, azimuth plots, and pad resistivity curves with correlation lines:

(1) Bed shape; bed thickness, lateral dimension of beds, and bedding plane. (2) Nature of bed boundaries; the transition from one layer to another can either be abrupt or gradual. (3) Bedding features, several types of internal organization can be recognized, such as massive bedding, laminated bedding, and imbricated bedding. (4) Rhythms and cycles. (5) Paleocurrent direction and thickening direction of sand body. (6) Major sand bodies. When sedimentary environment (such as delta) is known, sandbodies (distributary channel or mouth bar sands, etc.) can be recognized.

Key Words Dipmeters Sedimentological Features Microfacies of Sandbodies.