

利用地层倾角测井资料研究地质构造

何登春 田 洪 罗大山
(胜利油田)

胜利油田自1979年开始应用地层倾角仪以来,已在济阳坳陷测井五十多口,从而积累了地层倾角资料的计算机处理和地质解释的一些经验。实践表明,利用地层倾角测井资料,可以确定断层性质、断点深度和断面倾向,判断不整合面位置,校正根据地震(或钻井)资料绘制的构造图,计算斜井(或高倾角岩层)的地层真厚度。此外,地层倾角资料还可用于研究沉积特征。本文仅就如何应用地层倾角测井资料确定地质构造的问题作一叙述。文中提到的倾角矢量图,都是指长相关对比矢量图。

一、确定地层产状并校正构造图

1. 分段确定地层产状

在确定钻井钻遇地层的产状时,如果地层倾角矢量图上的倾角矢量一致性较好,直接应用倾角矢量图就有很好的效果。在一般情况下则可采用两次作方位频率图的办法:先按50米间距作第一次方位频率图,然后根据第一次方位频率图和矢量图分析出地层产状变化的界面点,根据界面点重新分段作第二次方位频率图,逐段确定井内地层产状。

以单22井为例(图1)。1200—1250米的方位频率图表明地层往南西方向倾。1250—1300米的地层倾向则有两个,主要倾向为南西,次要倾向为南东,在此井段有地层产状变化的界面点。根据矢量图容易分析出界面点在1280米左右。进一步可作出方位频率图A和B。由A可知1200—1280米地层往南西方向倾,倾角为5度。由B可知1280—1300米地层往南东方向倾,倾角为4度。

以上方法保证了在每一个深度间隔内地层的倾向基本上一致。但如果在同一个深度间隔内倾角数值变化明显,在取倾角数值时要分段取。

2. 校正等高线图

图2是滨南油田滨一区沙三上底部构造图。图中虚线是在钻探了滨114、滨51和滨118井以后,综合地震、钻井和测井资料勾出的等高线,显示出地层往北东方向倾,倾角为4度左右。在滨118井测了地层倾角之后,确定出沙三上地层向东倾,倾角为8度左右。图中实线是根据倾角资料加上后来钻探的滨116和滨2-7井的测井资料勾出的比较正确的等高线。

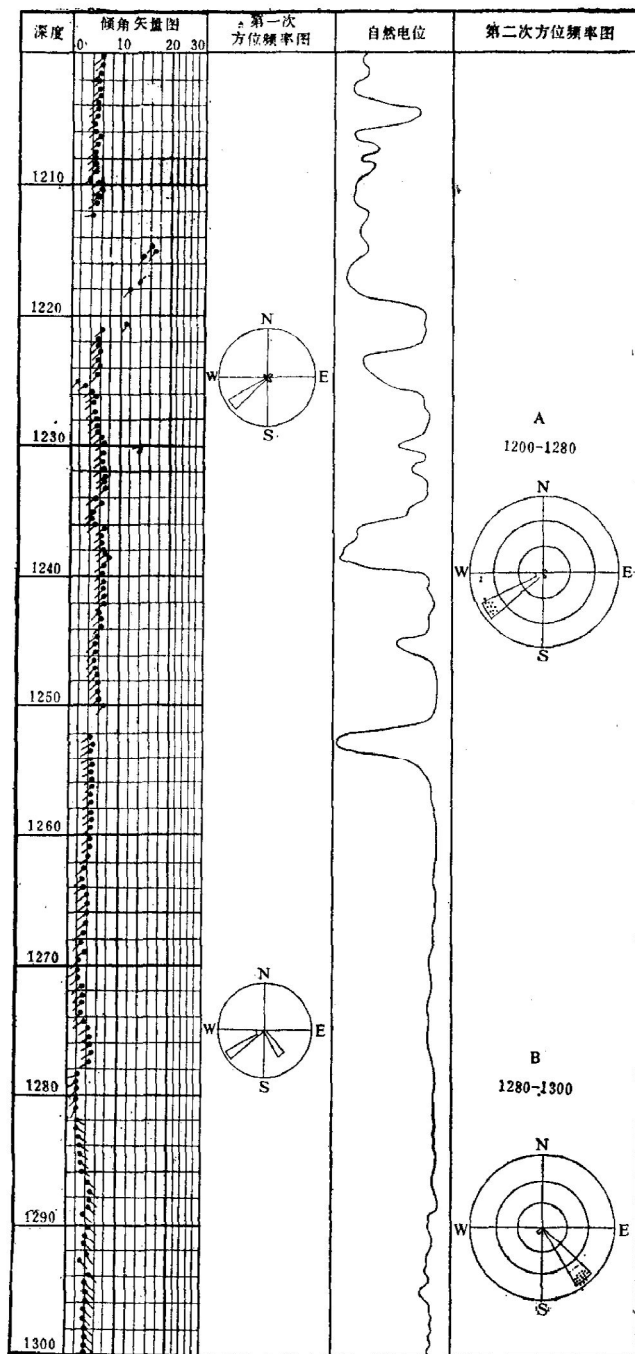


图1 单22井倾角矢量图和分段方位频率图

图3表示营12—检48井中的正断层正牵引现象。断点深度为2113.5米,上盘牵引带地层深度为2110—2113.5米,倾角矢量呈一组红模式(即倾向不变,倾角随深度增加而增大)。上盘地层产状 a 矢量与牵引带地层产状 b 矢量方向相同,均为北东向,而断层走向垂直于 b ,为北西—东南向。由于牵引带地层矢量呈红模式,故断面倾向与 b 方向相同。上盘牵引带地层最大倾角为28度,它和断面的倾角很接近。

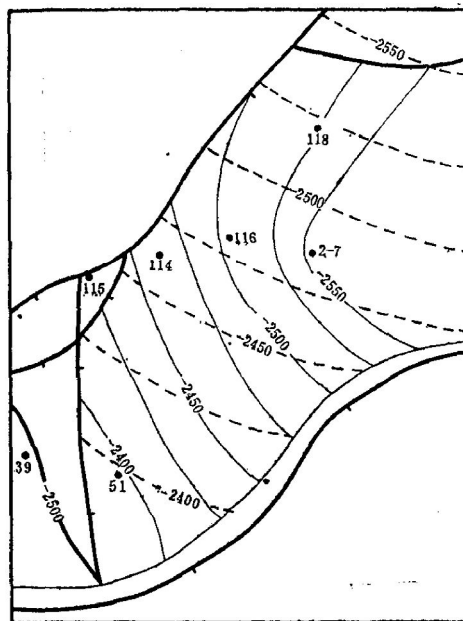


图2 滨一区沙三上底部构造图

二、确定断层

我国东部地区的断层多为正断层(张性断层),以下用实例说明各种正断层在地层倾角矢量图上的特征和解释方法。

岩层断裂后断面两侧的地层往往明显变形,即发生所谓牵引现象(可分为正牵引和逆牵引两类)。牵引类型通常是根据地质特点进行推断的,非同生断层一般按正牵引解释,同生断层一般按逆牵引解释。根据断层上下盘地层产状的变化和牵引类型可以确定出断点的位置和断层的走向、倾向。

1. 正断层正牵引

2. 正断层逆牵引

图 4 是文 15-6-1 井中的正断层逆牵引的实例。断点深度为 1932 米，上盘牵引带地层深度为 1904—1932 米，倾角矢量呈一组红模式，下盘牵引带地层深度为 1932—1986 米。上盘地层产状 a 矢量的倾向为南东，牵引带地层产状 b 矢量的倾向为北西。断层走向为北东—西南向，而断面倾向与 b 方向相反为南东方向。

3. 张扭性断层

图 5 表示东风 10 井中的张扭性断层。断点深度为 2640 米，上盘地层产状 a 矢量为北东方向。上盘地层在断点附近沿着断层走向向北西方向扭动，扭动带地层深度为 2633—2640 米。靠近断点处地层产状 b 矢量为北西方向，则断层走向与 b 矢量方向相同为北西向，而断面倾向与 a 矢量方向相反为南西方向。

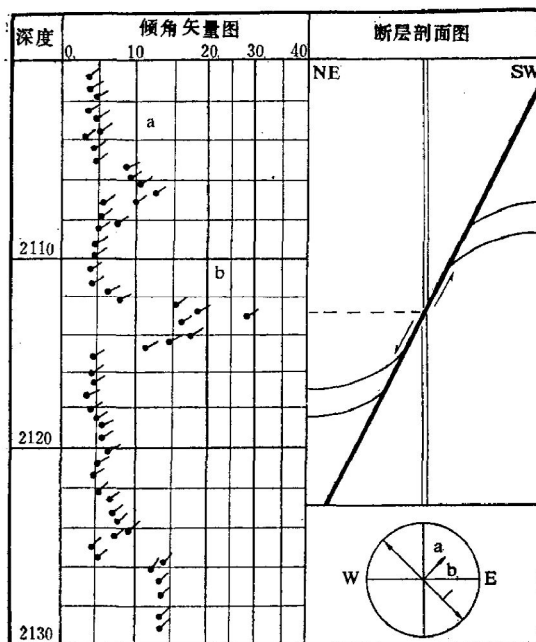
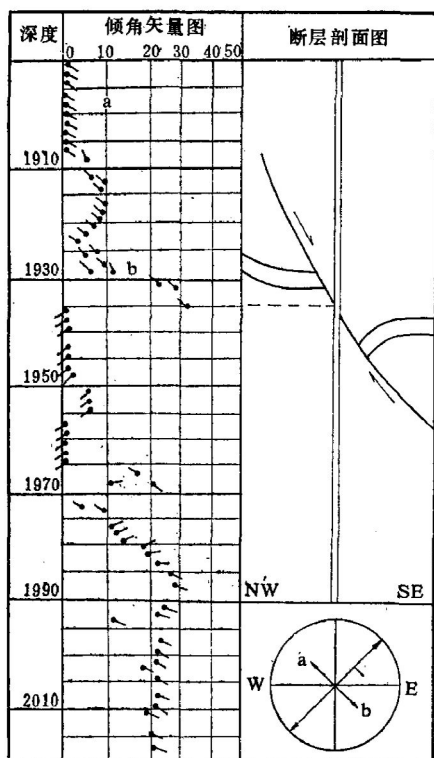


图 3 营 12-1 检 48 井上盘牵引部分为红模式
的正牵引断层

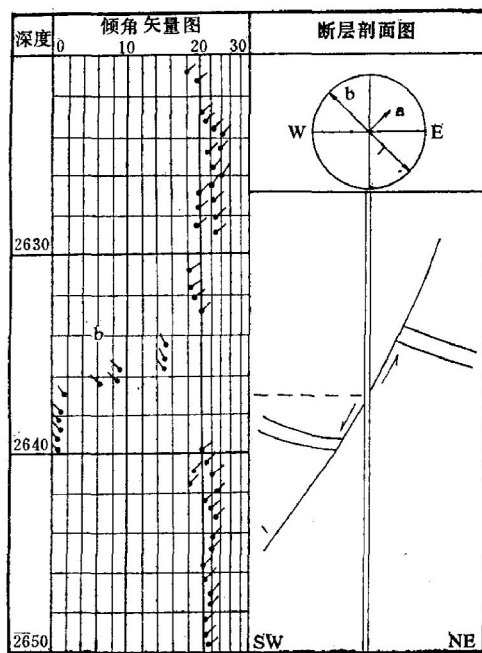


图 5 东风 10 井张扭性断层矢量图特征

图 4 文 15-6-1 井正断层逆牵引矢量图特征

4. 能反映出断面倾向的实例

图 6 是利 25 井中的一个这类断层的实例，断点深度为 2532 米，在断点处有一组倾

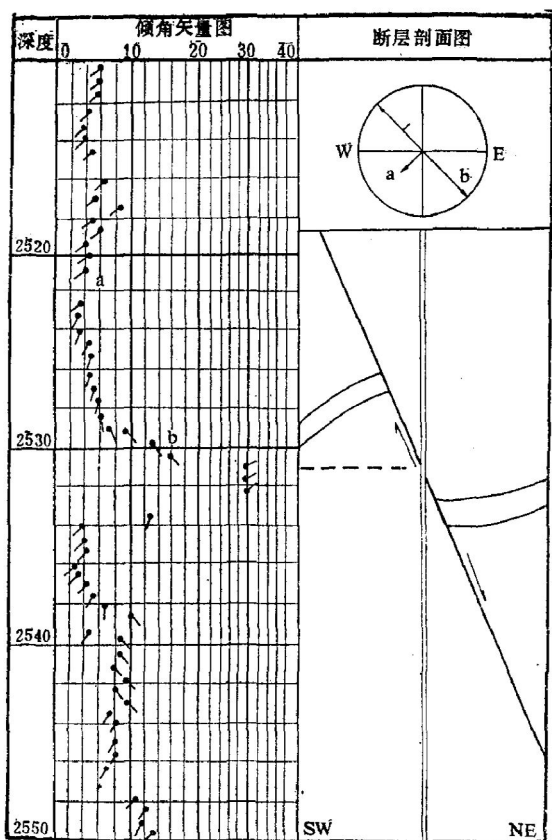


图6 利25井地层倾角能反映出断面倾向的断层

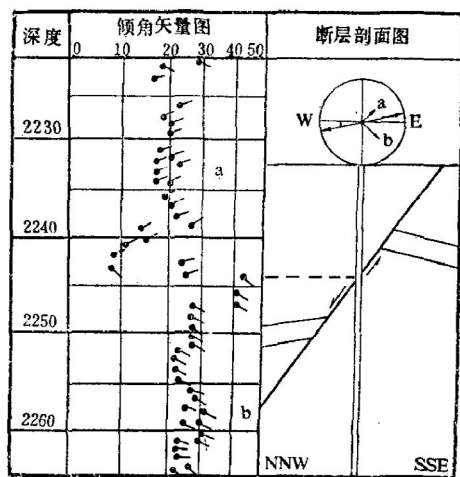


图7 文25—21井地层倾角能反映断点位置的鼻状构造断层矢量图特征

同样可能出现混乱现象。

图8是胶参2井中的角度不整合实例。角度不整合面在875米处，850—857米地层产状较乱为剥蚀风化带。不整合面以上地层往北倾，倾角3度左右。不整合面以下地层往南倾，倾角为8度左右。在不整合面以上的地层属上白垩统王氏群，岩性以粉砂岩为

角矢量，呈绿模式（即倾向和倾角随着深度增加都不变）。其倾向指向北东，倾角较大。它反映了断裂面的裂缝中断层角砾岩等充填物的产状，代表了该断层的倾向，因而可以确定断层面的倾向为北东方向，而断层走向为北西向。另一方面上盘地层产状 *a* 矢量方向为南西，在断点附近地层发生扭动，靠近断点处倾角矢量 *b* 指南东，因此它又是张扭性断层。根据张扭性断层的判定方法，断层走向和 *b* 方向相同为南东向，断层面倾向和 *a* 方向相反为北东方向。二者的解释结论是一致的。

5. 只能反映断点位置的实例

图7是文25—21井一个断层实例。断点深度为2245米，上盘地层往北东方向倾，下盘地层往南东方向倾。但断层无明显的牵引现象，因而断层的走向和倾向都难以确定。根据地层对比结果，断层走向为北东东，断层倾向为北北西。这类断层一般是在一个鼻状构造上形成的，断层走向基本上在上下两盘地层倾向之间。

三、确定地层角度不整合接触

平行不整合又叫假整合。在一般情况下，不整合面上下地层的产状无明显变化，从倾角矢量图上看不出什么特征。地层的角度不整合接触则可以在地层倾角矢量图上显示出来。一般来说，在不整合面以下的老地层的倾角较大，而不整合面以上的新地层的倾角较小。倾向往往也不一样。如果有风化壳存在，则倾角矢量会出现较乱现象，如图8所示。如果不整合面以上或以下地层节理发育，那么倾角矢量

主，并夹有泥岩和灰质泥岩。其中有些局部层段（例如780米处）倾角矢量较乱，主要是因为岩性为粗粒砂岩而且含有砾石所致。在不整合面以下地层属下白垩统青山群，岩性为一套火山碎屑岩。以上资料反映了胶莱拗陷上、下白垩统地层的角度不整合接触关系。

四、推断两口井之间是否有断层

用一口井的倾角资料和附近一口井的常规测井资料，可以推算两口井之间是否有断层存在，还可估计出断层的落差。

图9是梁家楼地区沙三中油层顶部构造图（即 T_4 反射层构造图）。图中梁28井与纯60井之间的井距 d 为1250米，在梁28井中沙三中油层顶界深度为2804米。根据梁28井的倾角资料，可知沙三中地层的构造倾角 θ 为2度，倾向 φ 为北30度西。梁28井相对于纯60井的井位方位角 μ 为10度。根据视倾角公式

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \theta \cos (\mu - \varphi),$$

可以计算出梁28井沙三中地层相对纯60井沙三中地层的视倾角 β 来：

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} 2 \cos 40,$$

$$\beta = 1.53 \text{ (度)}.$$

然后根据 β 值计算出两井之间的地层高程差为

$$h = d \cdot \operatorname{tg} \beta = 33.4 \text{ 米}.$$

这就是说，在纯60井中的沙三中油层顶界的深度应当比梁28井中沙三中油层顶界深度高33.4米。但实际上，纯60井比梁28井高出257米，从而判断出在两井之间有断层存在。梁28井位于断层的下降盘，而纯60井位于断层的上升盘，断面向梁28井方向倾斜。断层的落差估计为 $257 - 33.4 = 223.6$ 米。

五、求储集层真厚度

因为用地层倾角测井资料可以求出井中某一段地层的倾角和倾向，并且通过计算机

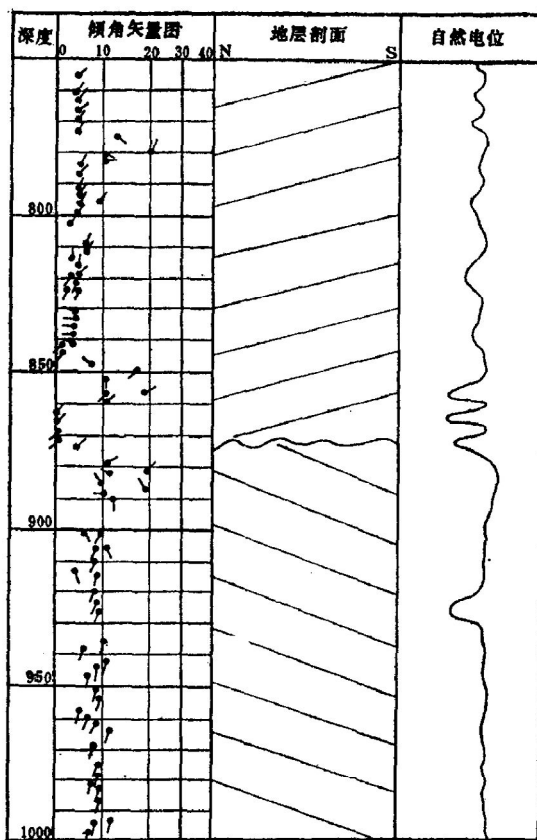


图8 胶参2井角度不整合（有风化壳）

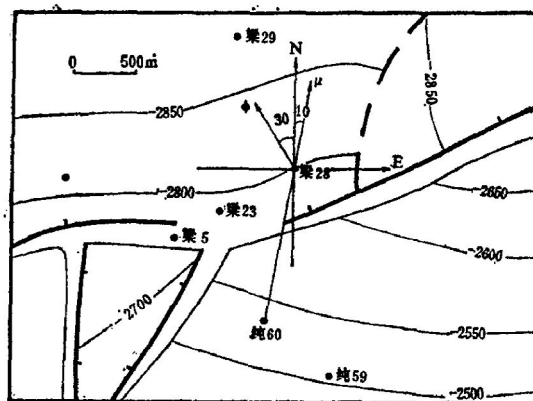


图9 梁家楼沙三中油层顶部构造图

的处理,又可以自动对曲线进行井斜校正,所以很容易把每个储集层的测量厚度换算成地层真厚度,用电子计算机打印出储集层真厚度表。目前在储量计算中一般都采用测量厚度,如果能够采用储集层真厚度,就能更准确地计算储量。

图10是单32井中1420—1440米的一段储集层,储集层的测量厚度为20米。用倾角资料可确定该段储集层的倾角 θ 为22度,倾向 φ 为南70度东,井斜角 δ 为3度和井眼方位角 γ 为南30度西。首先计算出相对于井斜方位 γ 方向上的地层视倾角 β ,

$$\begin{aligned}\operatorname{tg} \beta &= \operatorname{tg} \theta \cos [\gamma - (\varphi + \pi)] = \operatorname{tg} 22^{\circ} \cos (210^{\circ} - (110^{\circ} + 180^{\circ})), \\ \beta &= 4^{\circ}.\end{aligned}$$

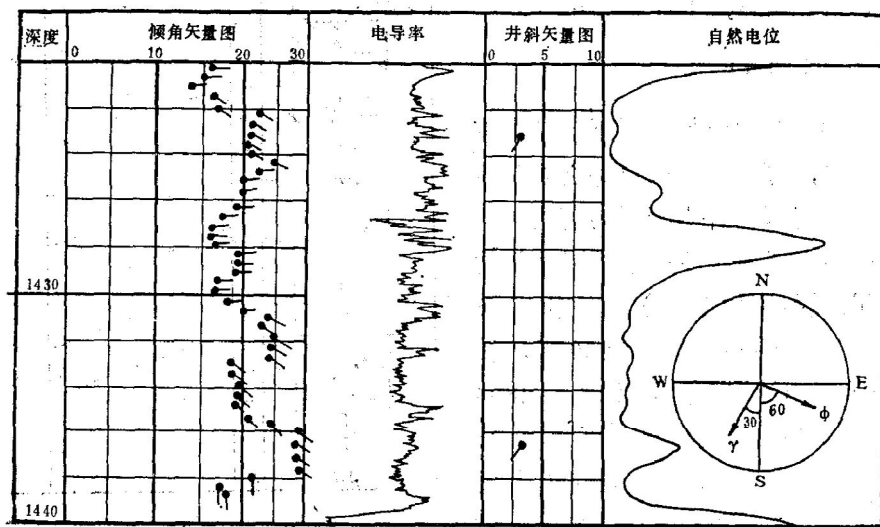


图10 单32井储集层矢量图

再由 γ 方向垂直剖面上计算出地层的视厚度,即铅垂方向上地层的厚度(见图11):

$$h_{\text{视}} = h_{\text{测}} \cdot \cos \delta + h_{\text{测}} \cdot \sin \delta \cdot \operatorname{tg} \beta = 20 \cdot \cos 3^{\circ} + 20 \cdot \sin 3^{\circ} \cdot \operatorname{tg} 4^{\circ} = 20.05 \text{ (米)}.$$

最后,在 φ 方向垂直剖面上,用地层视厚度求出地层真厚度(见图12):

$$h_{\text{真}} = h_{\text{视}} \cdot \cos \theta = 18.59 \text{ (米)}$$

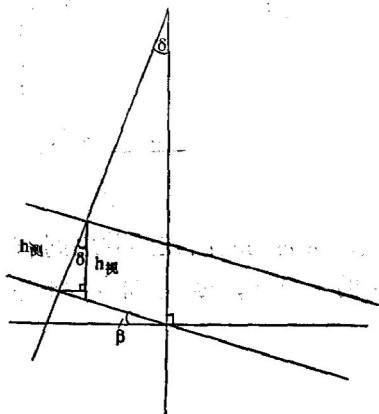


图11 井眼方位(γ)方向上垂直剖面图

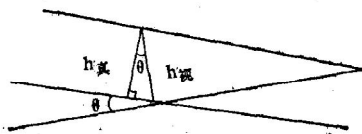


图12 地层倾向(φ)方向上垂直剖面图

六、结束语

我国东部地区勘探程度比较高,进一步勘探隐蔽油气藏难度越来越大,已经遇到并将愈来愈多地遇到断层、裂缝和岩性变化等复杂问题。地层倾角测井在

解决这些问题上都有重要作用。它作为勘探的有效手段，今后必将进一步发展和提高。为了充分发挥地层倾角测井技术的作用，必须抓好三个环节。一是野外测井信息的采集。倾角测井分辨率高，需测曲线多达11条，要求取得精确的测量结果。因此，良好的井眼条件和准确的仪器刻度是必须保证的。二是资料处理。根据地质解释的需要，合理选择处理参数和处理方法，这样才能取得好的解释效果。三是综合分析解释。由于作为研究对象的地质体的情况极为复杂，因此在解释地层倾角测井资料时，应充分利用区域地质、钻井地质、地震勘探等多方面资料进行综合分析，以便得出较切合实际的地质解释。

(收稿日期 1983年11月8日)

APPLICATION OF DIPMETER LOGGING FOR STUDY OF GEOLOGICAL STRUCTURES

He Dengchun

Tian Hong

Luo Dashan

(Shengli oilfield)

Abstract

Methodology and experiences are described for using dipmeter logging to examine the attitude of geological formations, types of faults and angular unconformities. Practice in Huanghua depression has proved that this log is a useful tool for study of geological structures.

大力支援新疆石油普查勘探工作

解放以来，新疆的石油普查勘探工作，在党中央的亲切关怀下，经过地质、石油部门的通力合作和新疆各族人民的共同努力，已经取得重大进展，发现和开发了克拉玛依等油田，为促进边疆经济文化繁荣和巩固边防作出了重要贡献。

近年来，地质矿产部、石油工业部、中国科学院和一些高等院校，通过多种渠道，采用不同方式，从内地组织力量，大力支援新疆的石油普查勘探，使面积达74万平方公里的新疆三个大中型沉积盆地的油气地质工作，出现了欣欣向荣、成果迭出的新局面，为本世纪末下世纪初国家建设重点向大西北转移创造了有利条件。

一、直接抽调大批人员入疆工作。前几年，地矿部已陆续从内地抽调了一批技术人员和管理干部充实新疆石油普查队伍；今年以来，又从河南、安徽、湖南和广东四省抽调8个石油物探队增援新疆，并在年初陆续到达吐鲁番-哈密和塔里木盆地，投入紧张的野外地震勘探和重力普查作业。4月24日在东疆战胜14级特大狂风袭击的地矿部第一综合大队102队，就是由淮河之滨来到新疆的一支坚强队伍，他们在这个五十年代杨虎城将军的女儿杨拯陆同志为之英勇献身的“百里风区”，谱写了一曲惊天地泣鬼神的壮烈凯歌。