

射线追踪图偏移法变速成图在和田南缘的应用

徐浩¹, 杨子川¹, 胡金祥¹, 王丽¹, 朱麟², 杜治业³

(1. 中国石油化工股份有限公司西北油田分公司勘探开发研究院, 乌鲁木齐 830011;

2. 中国石油化工股份有限公司工程监督中心, 新疆 轮台 841600; 3. 红柳软件有限责任公司, 河北 涿州 072750)

摘要:塔西南和田南缘区块位于昆仑山山前构造带, 因其在塔里木盆地形成和发展过程中造就的多时代、多类型的山前构造带, 故其复杂的地质构造背景给本区速度研究工作带来了很大的困难。红柳速度分析及变速成图软件设计的模型追踪法是专门解决地层倾角较大的复杂地区的速度场问题, 该软件的投入一定程度上解决了本区主要目的层的深度预测, 为钻井设计的准确性提供了一定的保障。

关键词:变速成图; 地震勘探; 和田南缘; 塔西南

中图分类号: P631

文献标识码: A

Application of velocity analysis and variable speed graphics software in southern Hetian

Xu Hao¹, Yang Zichuan¹, Hu Jinxiang¹, Wang Li¹, Zhu Lin², Du Zhiye³

(1. Exploration and Development Institute, SINOPEC Northwest Oilfield Company, Urumqi, Xinjiang 830011, China;

2. Engineering Supervision Center of SINOPEC Northwest Oilfield Company, Luntai, Xinjiang 841600, China;

3. Hongliu Software Company, Zhuozhou, Hebei 072750, China)

Abstract: Locating in the piedmont tectonic belt of the Kunlun Mountain, the southern Hetian area in the southwestern Tarim Basin is a piedmont tectonic belt with multiple stages and types. Complicated geological structure background makes it difficult for speed research in the study area. The velocity analysis and variable speed graphics software of Hongliu company deals with velocity field problem in complicated area with big stratigraphic dip angle. It solves the problem of deep prediction in the main purpose layer, and ensures the accuracy of drilling design.

Key words: variable speed graphics; seismic exploration; southern Hetian area; southwestern Tarim Basin

和田南缘区块位于塔里木盆地西南缘山前构造带内、和田凹陷南部逆冲推覆构造带和田南背斜构造上(图1);区内钻井1口(和参1井),面积约1 302.79 km²。该山前带是发育于西昆仑造山带前缘的大型前陆冲断褶皱带,逆冲推覆时代始于海西期,但推覆体最终调整、定型则主要是渐新世以来的喜马拉雅运动。该断褶带具有南北分带、东西分段的特征,其构造样式在垂向上具有变异性:上部为异地系统的大型断背斜推覆体,中部为准原地系统的双重构造或叠覆背斜,下部为原地系统的叠瓦状构造或未变形单斜构造。

由于复杂山区高陡构造勘探目标精细化的要求,常规变速成图方法会造成等T0图和层速度在空间上不匹配,致使地震资料的解释结果与地下的实际地质情况存在较大的偏差,直接影响到地质家

对地下地质情况认识的准确性和可靠性,也无法满足当前油气精确勘探的需要,主要表现在以下几个方面:

(1)复杂地区速度谱受干扰影响大,不能对速度进行规律性分析及预处理。

(2)高陡构造地区速度研究,只能进行二维射线模型追踪,没有利用三维非零炮检距射线追踪计算层速度和射线追踪图偏移变速成图方式,解决深度域地震反射层构造和断层三维空间偏移归位问题。

(3)无法利用各类资料建立优选速度场,约束地震速度场,以此获得更加客观符合地质规律的速度场。

1 和田南缘速度变化规律

通过地震叠加速度谱、声波时差测井等分析认

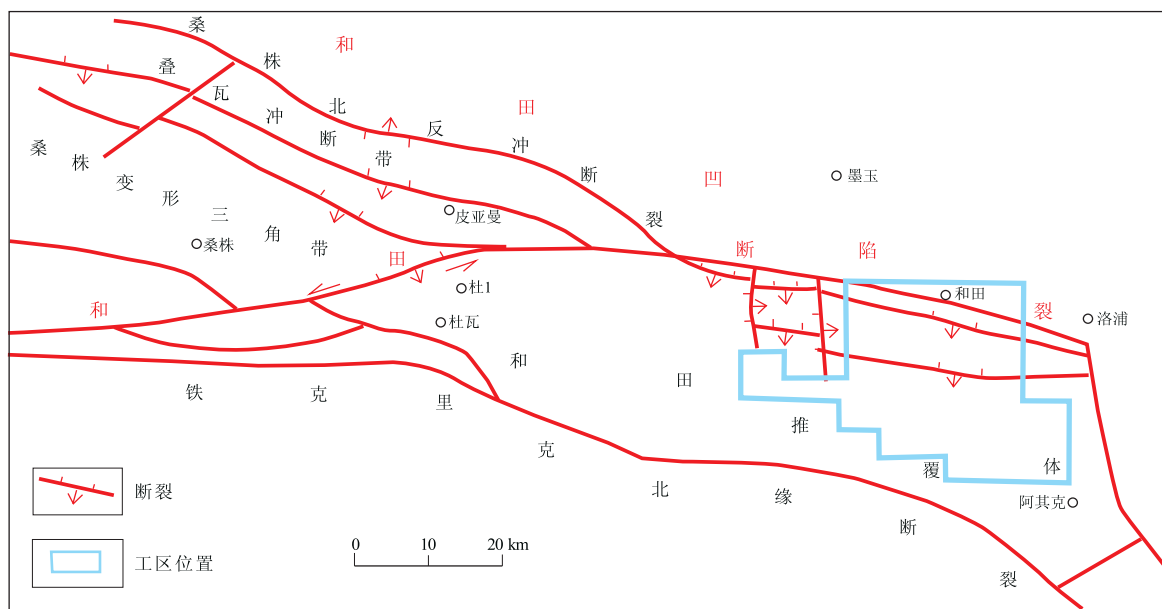


图1 塔里木盆地和田南缘工区位置

Fig.1 Location of southern Hetian area, southwestern Tarim Basin

为,本区速度纵向上成层性较好,且随着深度的增加而增加。横向上变化较大,主要表现为呈波浪状高低起伏,且幅度较大。这一现象主要与本区逆冲推覆构造有关,同时也是本区面临的主要困难。另外,因二维地震资料的问题,造成速度场在线与线之间不闭合,这同样也是需要解决的一个重要问题。从平面层速度散点图来看,局部异常高速问题较为严重,可能与岩性有关。从叠加速度谱分析可以看出,整个速度垂向呈线性分布,未见杂乱异常。而通过声波时差进行校正后的速度谱,中部出现一条“陡坎”,分析认为与岩性变化有关。

2 基本方法原理

本次变速成图方法主要来源于红柳速度分析及变速成图系统,此方法是从地震资料构造解释过程中,把时间域构造图通过图偏移时深转换为深度域构造图,落实构造高点、圈闭面积及断层位置,提高小断块、小幅度及复杂地区构造精度及深度预测精度,从而达到提高钻井成功率的目标。它是充分利用地震资料处理中获取的地震速度谱信息,或者利用油田勘探开发中已钻、测井速度信息、 V_{sp} 测井速度信息建立综合速度场,最终获得精细速度场,可快速准确地实现二三维偏移剖面成像射线追踪法图偏移变速时深转换等,弥补了工作站上现有此类软件功能的不足。最终输出符合传统作图规范的精细深度构造图、等厚图等,它更适用于中国大陆各油田,尤其小幅度构造及山地高陡构造勘探

开发的使用,广泛应用于煤田地质勘探、陆上海上石油勘探及油气田开采领域中构造精细研究。

在速度场建立过程中主要是运用模型控制法,在这一过程中层位的多少起着至关重要的作用,层位越多,对速度场建立越有利。对于地层倾角较大的区块,可通过估算设置其方位角度,对地层进行近似模拟计算,这样求得的速度更接近于真实的速度。最后依靠射线追踪图偏移法进行时深转换。在此过程中需要设定地层限制角度,这一角度与速度场建场中设定的方位角相加为 360° ,一方面与速度场进行匹配;另一方面也保证了地层构造无限接近于实际情况。成像射线追踪法图偏移技术就是由于目的层受上覆倾斜地层的折射效应影响,使得目的层等T0图上构造高点和断层位置已不在深度域实际位置上,通过成像射线追踪图偏移时深转换技术,消除上覆倾斜地层对时间域偏移射线的影响,恢复目的层深度域构造高点和断层位置的时深转换技术。

3 工作流程

(1)浏览叠加速度场数据,删除不必要的野值,并在此基础上,通过网格化T0的散点对叠加速度场进行沿层提取层速度。提取之后的层速度散点文件可通过显示来提示野值范围和位置,在此过程中可进行监控剔除野值。

(2)提出野值后的层速度散点文件可通过平滑来进一步消除个别难以发现的野值。平滑后可

进行网格化建模。运用层位控制法将层速度模型转换为平均速度场,并进行质量监控。

(3)分别建立声波时差速度场、钻井分层速度场、时深关系速度场等。运用这些建立起来的速度场对平均速度场进行校正,并实施监控。运用声波时差速度场约束完之后,发现原本成线性分布的线条中部出现一个小小的陡坎,结合岩性柱分析认为,其主要与岩性变化有关。

(4)从平均速度场中沿层提取层速度并进行监控。在这一过程中,因为原始二维解释层位闭合差问题,或者前面监控层速度时没完全清除的速度野值等原因,会产生一些新的野值,因此这一步层速度监控也是非常必要的。

(5)运用钻井分层对剔除完野值的沿层层速度进行校正,确保最终层速度与钻井速度的一致性。

(6)最后运用成像射线追踪图偏移时深转换法进行时深转换。其主要原理是:基于偏移剖面,建立深度—层速度模型,通过成像射线追踪,可把偏移剖面反射时间转换成界面深度,即已知各层的层速度。各层的地层倾角可由层速度和时间倾角推算出来。确定射线,在已知各层模型的前提下追踪实际的反射点,使双程射线路径时间与 CMP 点处偏移 T_0 相等,确定对应目的层深度点,以此达到偏移剖面时深转换的目的。

4 应用效果分析

解决速度问题一直是地球物理工作者所追求的目标,速度建场方法的合理与否直接影响着构造图的成图精度,影响着油气勘探开发的部署^[1]。

前已述及,本区处于昆仑山前带,逆冲推覆体较为发育。据分析认为,本区逆冲推覆体应属于台阶式推覆构造^[2],即由长而较平的断坪与联络较为短陡的断坡交替构成。这种样式的推覆体在 seismic 剖面上表现较为清晰,但是与其相伴生的沿层断裂的刻画是一难点。这种断裂也给速度上的校正带来了一定的困难。在这种情况下之下要保证 T_0 和深度图在构造上的一致性较难。根据目前地震解释层位来看,从 T_{50} — T_{57} 为一套完整的地层序列,而下部发育的一套 T_{50x} — T_{57x} 为推覆体。从构造 T_0 图来看,上下两套地层形态各自具有较强的相似性。在经验性剔除野值后,如何保持一套地层的上下吻合是本次变速成图需要解决的一个重要问题。

选取 T_{50} 层面的时间构造图(图 2)和深度构造图(图 3)进行效果分析。从构造形态来看,时间和

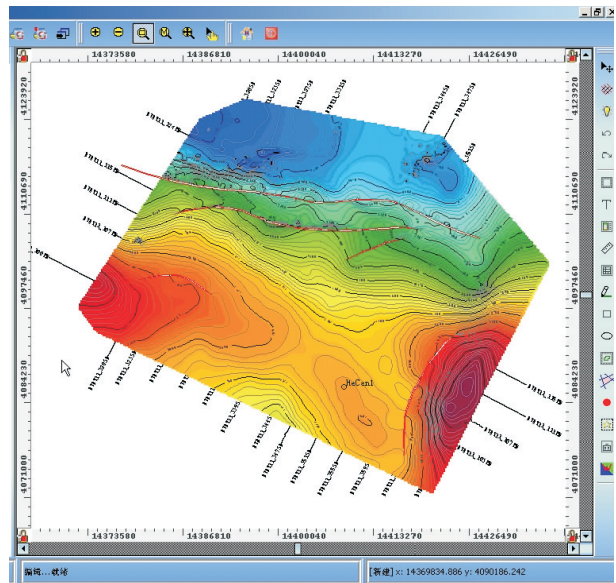


图 2 T_{50} 时间构造图

Fig. 2 T_{50} time structure diagram

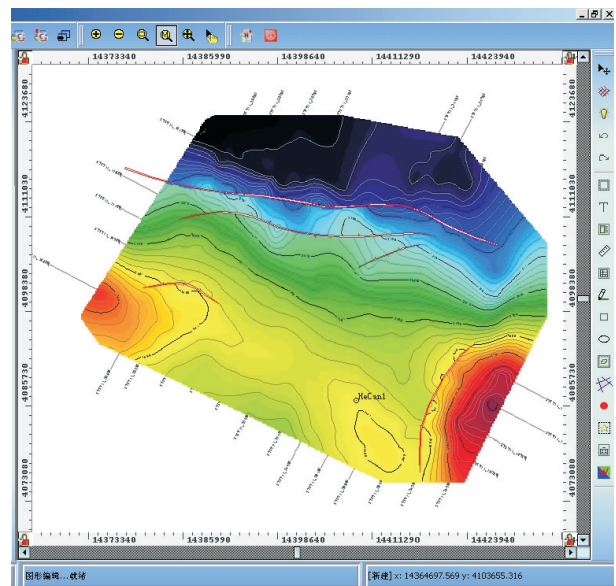


图 3 T_{50} 深度构造图

Fig. 3 T_{50} depth structure diagram

深度上基本保持一致,和田一号构造带形态完好;从深度误差来看,钻井分层为 3 909 m,而时深转换之后的深度构造图上约为 3 895 m,相差约 14 m,在标准规定的可允许范围内。另外统计其他层位深度误差表,误差基本控制在 10 m 左右,效果很好。

5 结论

1)随着地震勘探技术的发展,对构造图的精度要求越来越高^[3]。对于像和田南缘逆冲推覆构造带这样的复杂地区,在红柳软件中运用速度分析

(下转第 7 页)

表 1 亚肯北工区不同基准面地震资料解释井校前对井误差对比

Table 1 Error comparison to well of seismic interpretation from different datum in northern Yaken

界面	KU1 井;KB=1 154 m				DUH4 井;KB=1 030 m				YANG1 井;KB=1 041 m			
	钻井揭示深度 TVSS	固定面建模对井误差 差 errGU	浮动面建模对井误差 差 errFU1	浮动面建模基准面校正后对井误差 errFU2	钻井揭示深度 TVSS	固定面建模对井误差 差 errGU	浮动面建模对井误差 差 errFU1	浮动面建模基准面校正后对井误差 errFU2	钻井揭示深度 TVSS	固定面建模对井误差 差 errGU	浮动面建模对井误差 差 errFU1	浮动面建模基准面校正后对井误差 errFU2
T_2^0	-2 520	599	-106	-30	-2 332	408	27	-151	-2 336	667	164	-42
T_2^1	-3 609	657	-127	-50	-3 284	266	17	-161	-3 406	686	52	-154
T_2^2	-4 466	670	-112	-38	-4 061	49	77	-100	-4 178	847	160	-48
T_2^3	-4 851	703	-112	-38	-4 314	276	122	-51	-4 455	864	183	-22
T_3^0	-5 003	668	-158	-85	-4 494	186	39	-131	-4 632	781	114	-91
T_3^2	-5 342	717	-158	-85	-4 786	254	120	-52	-4 938	819	164	-42
平均值		669	-129	-54	-3 878	273	67	-107	-3991	777	139	-66

固定基准面建模对井误差 errGU 最小值为 186 m,最大值为 864 m,平均值为 573 m,标准偏差为 232 m

浮动基准面建模对井误差 errFU1 最小值为-158 m,最大值为 183 m,平均值为 26 m,标准偏差为 123 m

基准面校正后浮动基准面建模对井误差 errFU2 最小值为-161 m,最大值为-22 m,平均值为-76 m,标准偏差为 46 m

可以看出,浮动基准面速度建模精度明显提高:3口井18个界面的对井误差标准偏差由232 m降为123 m,按规范计算的垂向深度相对误差平均绝对值由11.46%降为2.19%。

3 结语

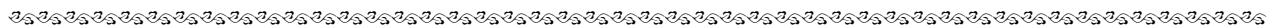
1)固定基准面速度建模、解释存在较大的问题:固定基准面等 T_0 图形态较浮动基准面改变较大,改变量 DT_i 随空气垫的厚度(地表至固定基准面之间的距离)和替换速度非系统变化;固定基准面速度资料存在较大的非系统迁移误差,2个非系统误差的叠合将恶化构造解释精度,地震资料解释深度对井误差为11.46%。

2)浮动基准面速度建模、解释更尊重第一手资料,有利于浅部速度资源与速度谱资源的融合,有利于盆地级地震项目联片解释建模,有利于提高构造解释精度,建议根据实际情况推广浮动基准面速度建模、解释技术。

参考文献:

- [1] 漆立新,顾汉明. 天山南缘亚肯北地区速度建场因素分析[J]. 石油地球物理勘探,2007,42(4):407-412.
- [2] 杨举勇,梁向豪,肖又军,等. 塔里木盆地山地地震勘探技术及应用[M]. 北京:石油工业出版社,2009:69-144.
- [3] Hilterman F J. 地震振幅解释[M]. 孙夕平,等译. 北京:石油工业出版社,2007:11-17.
- [4] 常文会. 地层压力预测技术[J]. 勘探地球物理进展,2005,28(5):314-319.
- [5] 赵健. 松辽盆地西斜坡地层压实规律[J]. 石油与天然气地质,2010,31(4):486-492.
- [6] 魏茂安,陈潮,王延江,等. 地层孔隙压力预测新方法[J]. 石油与天然气地质,2007,28(3):395-400.
- [7] 李新宁,李留中,徐向阳,等. 异常地层压力的形成原因及预测方法[J]. 吐哈油气,2006,11(2):120-126.
- [8] Hall M. Smooth Operator Smoothing seismic interpretations and attributes[J]. The Leading Edge,2007,26(1):16-20.
- [9] 满益志,王兴军,张耀堂,等. 库车山地复杂逆掩构造区变速成图技术研究与应[J]. 石油地球物理勘探,2008,43(增刊1):119-121.

(编辑 徐文明)



(上接第3页)

模块对叠加速度谱进行监控分析,确保基础资料的准确性;

2)在速度分析完成的基础上,运用现有解释层位及断裂,利用变速成图模块对其进行速度场建立和时深转换。此过程中,可做到步步监控,以保证最终深度图和实际深度误差最小化。

参考文献:

- [1] 蔡刚,屈志毅. 构造复杂地区地震资料速度和成图方法研究应用[J]. 天然气地球科学,2005,2(16):246-249.
- [2] 甘庆明,姬鹏程,温怀英. 逆冲推覆构造的主要特征及勘探前景[J]. 特种油气藏,2008,1(15):28-31.
- [3] 李庆忠. 走向精确的勘探道路[M]. 北京:石油工业出版社,1993.

(编辑 徐文明)