

二维地震勘探在天津南部平原区地质调查工作中的应用

付小锦,王志刚,江胜国,许甜甜,曹 健

(天津华北地质勘查局,天津 300170)

摘 要:二维地震勘探是区域地质调查的重要手段之一。本次研究通过二维地震勘探在天津南部第四系深覆盖平原区地质调查工作中的运用,成功揭示了古河道、第四系及新生界底界面的埋深和空间展布特征,查清了研究区构造格架,了解了研究区地层和区内厚大煤层5煤、10煤的埋深和起伏形态,标定了页岩气优选目标层位,并通过钻探、化验等手段,验证了二维地震勘探成果的可靠性。古河道底板埋深预测误差为3.6%;第四系底界面埋深预测误差为8.4%;新生界底界面埋深预测误差为0.7%;5煤埋深预测误差为0.4%;10煤埋深预测误差为1.3%;页岩气优选目标层位预测误差为0.7%。结果表明,本次二维地震预测误差均在10%以内,符合相关规范要求,因此,在第四系深覆盖地区运用二维地震勘探方法解决地质调查中的一些问题是可行的。

关键词:二维地震;地质调查;深覆盖区;天津南部;应用研究

中图分类号: P631.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2021)04-0068-09

传统的地质调查手段往往不能满足调查需求,而地震勘探是一种重要的地球物理勘探手段,通过观测和分析人工地震产生的地震波在地下不同介质中的传播规律,以推断地下岩层的性质和形态^[1]。该技术曾被广泛应用到油气勘探、煤田勘查、钾盐矿勘查和地壳研究等方面^[2-5]。近年来,随着地震勘查精度越来越高,拓宽了应用范围,又被应用到页岩气储层勘查和区域地质调查等领域。武磊彬等在贵州山区页岩气勘探过程中,通过开展二维地震勘查,确定了可以获得研究区高质量的地震数据,为后续施工、数据处理以及地质解译奠定了坚实的基础^[6];郭东鑫等在渝黔湘秀山区页岩气分布区开展二维地震勘探研究,取得了较好效果,并部署参数井2口。但以上学者仅停留在地震数据的推测、解释阶段,未采取样品开展页岩气相关测试分析^[7]。闫敏等将二维地震应用到新构造运动、基岩面起伏形态和第四纪沉积环境分析等方面,取得了较好效果,但并未进行工程验证^[8];缪卫东等通过将二维地震勘查和钻孔资料对比分析,揭示了南通地区松散沉积层中的5条断裂及一些古河道^[9]。

本次通过在天津南部开展二维地震勘查,根据地震数据反演结果,结合区域地质资料,推测区内古河道分布、新生界底界面埋深和形态、页岩气储层分

布、煤炭赋存情况以及构造格架,并通过钻探、化验测试等手段,对推测成果进行验证,对推广二维地震在平原区地质调查中的应用成果有重要意义。

1 研究区概况

1.1 地层特征

研究区位于天津市南部的静海区内,地貌类型相对简单,主要为冲积洪积平原和海积冲积平原两类二级地貌单元,海拔高程1~5 m,整体地势南高北低^[10-15]。区内地层与区域地层对比,缺少新生界古近系和中生界地层,由老到新为奥陶系、石炭系、二叠系、新近系和第四系地层(表1)^[16]。

1.2 构造特征

研究区大地构造位置处于华北断坳之中的沧县隆起中部的大城凸起,周边发育有静海-大城断裂、北芦庄-西九吉断裂和里坦向斜、卧佛堂向斜等。

研究区总体呈背斜构造形态,在子牙背斜东南翼地层走向NE,倾向SE;西北翼地层走向NE,倾向NW。区内断裂不发育,仅在西北部边界附近分别发育小型断层DF1、DF2,倾角、落差和区内延展长度不清^[17]。

1.3 煤层特征

研究区含煤地层为石炭系中统本溪组、上统太

收稿日期:2020-06-30

资助项目:天津市重点研发计划科技支撑重点项目“天津市深部煤炭地下气化关键技术研究(17YFZCSF00940)”

作者简介:付小锦(1983-),女,工程师,硕士,2013年毕业于中国地质大学(北京)矿物学、岩石学、矿床学专业,从事城市地质调查和矿产地质勘查工作,E-mail:88368622@qq.com。

表 1 研究区地层简表
Table 1 Formation simple table of study area

界	系	统	组	段	代号	厚度/m	岩性特征
新生界	第四系				Q	0 ~ 232	以浅黄、褐黄、黄褐色粘土、砂质粘土为主,夹细、中砂
	新近系				N	232 ~ 897.85	褐黄、灰绿及黄绿色半胶结的粘土和砂层
古生界	二叠系	上	上石盒子组	二段	P ₂ s ²	897.85 ~ 1 002.65	灰、灰绿及紫红色粗砂岩、细砂岩、泥岩
				一段	P ₂ s ¹	1 002.65 ~ 1 126.90	灰、灰绿及暗紫色泥岩、细砂岩、粉砂岩
	二叠系	下	下石盒子组		P ₁ x	1 126.90 ~ 1 236.55	灰、灰绿、紫色泥岩、粉砂岩、细砂岩,底部为灰、浅灰色细砂岩
					P ₁ s	1 236.55 ~ 1 340.40	灰、灰绿、紫色泥岩、粉砂岩、细砂岩,底部为灰、浅灰色细砂岩
	石炭系	上	太原组		C ₂ t	1 340.40 ~ 1 413.90	深灰、灰黑色泥岩、细砂岩及粉砂岩,含煤7层,可采5层
		中	本溪组		C ₂ b	1 413.90 ~ 1 504.00	黑灰、灰色泥岩、铝土质泥岩和细砂岩为主,夹浅灰色粉砂岩和少量的灰岩
	奥陶系	中	峰峰组		O ₂ f	1504.00 ~ 1531.60	为煤系基底,以深灰、灰色致密质纯灰岩、白云质灰岩为主

原组、二叠系下统山西组。煤系地层总厚度为280 m左右,含煤约18层,煤层总厚30 m。主要可采煤层为5号煤层和10号煤层,5号煤层位于山西组,埋深1 300 m左右;10号煤层位于太原组,埋深约1 400 m。

1.4 页岩气储层特征

研究区山西组地层稳定,碳质泥页岩较发育,平均为20 m左右,最大可达35 m。优选目标层位埋深位于1 250 m左右,厚度约10 m,距5号煤层顶板35~40 m,岩性为碳质泥页岩^[18]。

2 技术思路与工作流程

2.1 技术思路

前人资料显示,研究区处于青县—静海段古黄河河道带上,新生界底板埋深约850~1 000 m,含煤地层为石炭系太原组和二叠系山西组,页岩气优质储气层为二叠系山西组5号煤层顶板上方约35~40 m的碳质泥页岩^[19-22]。研究区地层整体呈一背斜构造形态,地层较平缓,轴部位置不清,西北部和东南部存在推测断裂DF1和DF2。为在研究区开展页岩气、煤炭地下气化的勘查、开发和规划工作,查清研究区古河道分布规律和新生界底板、主要可采煤层、页岩气优质储气层埋深,以及研究区的构造特征是本次地质调查工作的主要任务^[23-26]。因此,根据目标地质体不同的地球物理特征,以二维地震先行、钻孔验证的思路进行地质调查工作,无疑是最好选择,可以达到事半功倍的效果。

本次地震勘探线布设遵循主测线垂直于构造走向的原则,布设测线4条,共计30 km。其中3条主测

线D1、D2和D3布成NW-SE向,线距约2 000 m~3 000 m,1条联络测线DL1布成NE-SW向,基本形成“丰”字型测网(图1)。需要说明的是,由于研究区的东南部为开发区,障碍物密集,无法进行地震勘探,因此测线主要布置在研究区的西北部。

2.2 工作流程

为了掌握研究区地质和地球物理特征,获得最

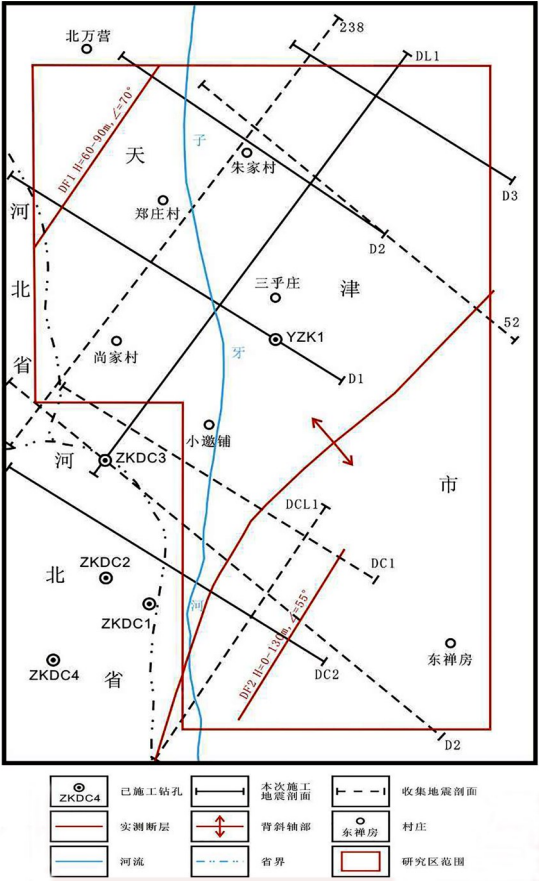


图1 研究区位置示意图
Fig.1 Formation simple table of study area

佳地震数据采集成果,掌握可控震源因素变化对记录质量的影响,在正式开展野外工作前,分别开展点试验和线试验^[27]。野外工作完成后,经静校正、振幅处理、干扰波的消除,再以叠加速度为基础,经过拾取、平滑可以得出本区的偏移速度趋势,根据不同测线情况通过偏移速度扫描进一步优化,最终得出不同测线的最终速度场,保证偏移归位的合理性,确保成像准确^[28]。

3 资料解释

地震资料解释是将地震勘查资料转化为地质成果的复杂过程,地震资料应符合地质规律。因此,首先分析本地区的区域地质规律,对区域规律、地质资料有了充分认识后,再对地震资料进行解释。本次地震勘查的主要目的是推测区内古河道分布、新生界底界面埋深和形态、页岩气储层分布、煤炭赋存情况以及构造格架。解释过程中先利用反射波的相位特征、振幅特征、频率特征及波组特征等,进行反复追踪对比,然后利用测线交点闭合检查,确定目的层层位及断层情况,最后确定全区主要目的层的埋藏深度及构造形态。

3.1 波的对比解释

波的对比解释是以强相位对比为主,同时利用目的层形成的波组特征关系及主测线、联络测线交点闭合的方法。根据地震反射波的动力学特征及强相位连续、转换、消失、重迭等特点,对全区波形较稳定、特征明显、能够追踪对比的主要标准反射波进行对比,闭合差在5 ms以下。资料解释以叠加剖面为主,叠偏剖面为辅。

研究区地震波组通过与区域上钻孔数据比对,自上而下发育 T_Q 、 T_{Q+N} 、 T_5 、 T_{10} 。分别可与四个较明显的层位对应。

T_Q 波为第四系底界面与新近系岩层形成的反射波。依据上、下界面整合接触关系,能够识别追踪 T_Q 波,但由于下伏地层不同程度的风化影响和高低起伏变化,导致该反射波能量产生差异,波形发生变化,在时间剖面上用“ T_Q ”表示。

T_{Q+N} 波为新生界底界面与下伏基岩形成的标准反射波。全区以两个强相位出现,波形稳定、能量强、连续性好,且与下伏地层产生的反射波呈角度不整合关系,在时间剖面上用“ T_{Q+N} ”表示。

T_5 波为5煤层与其围岩形成的标准反射波。全

区以两个典型的强相位出现,波形稳定,波形特征、波组关系非常明显、连续性好,且能量较强,在全区连续追踪对比,在时间剖面上用“ T_5 ”表示。

T_{10} 波为10煤层与其围岩形成的标准反射波。5煤和10煤两者间距为100 m左右,在全区大部分地段也是以两个强相位出现,有些地段反射波连续性稍差,在时间剖面上用“ T_{10} ”表示。

3.2 目的层深度计算

研究区标定速度值由区域上钻孔ZKDC3揭露的目的层深度及钻孔旁地震时间剖面时间值等有关参数计算得出(图1),公式如下:

$$H_{Q+N} = \frac{V_0 T_0}{2} \sqrt{1 - \left(\frac{V_0 \Delta T_0}{2S} \right)^2}$$

式中: H_0 为钻孔ZKDC3揭露新生界厚度; T_{Q+N} 为钻孔ZKDC3揭露新生界反射波时间值; ΔT_{Q+N} 为区域上相邻两条 T_{Q+N} 波等时线间距; S_0 为区域上对应相邻等时线间水平距离值。

$$H_{Q+N} = \frac{V_0 T_0}{2} \sqrt{1 - \left(\frac{V_0 \Delta T_0}{2S} \right)^2}$$

式中: $H_{5,10}$ 为钻孔ZKDC3揭露5、10煤层底板深度; $H_{5,10}$ 为钻孔ZKDC3揭露新生界厚度; T_{Q+N} 为钻孔ZKDC3处新生界对应的时间; $T_{5,10}$ 为钻孔ZKDC3揭露煤层对应的时间; V_{Q+N} 为新生界标定速度; $\Delta T_{5,10}$ 为相邻两条等时线间距; $S_{5,10}$ 为 $T_{5,10}$ 波等时线图上相邻等时线间水平距离。

研究区目的层深度计算由该层反射波时间与上覆地层标定速度值通过时深转换得出目的层的埋深数据,公式如下:

$$HQ + N = \frac{1}{2} VQ + NTQ + N$$

$$H5、10 = \frac{1}{2} V5、10T5、10 + HQ + N$$

式中: H 为目的层深度; V 为上覆地层标定速度值; T 为目的层反射波时间值。

根据已知区域钻孔ZKDC3岩心编录和测井情况,将相关数据带入以上各公式,研究区所用地震时间剖面参数为:资料处理使用的基准面0 m;新生界底界面 T_{Q+N} 反射波速度2 000 m/s;5煤层、10煤层 T_5 、 T_{10} 反射波速度3 800 m/s。

3.3 断裂构造解释

(1) 断点解释

断点解释是根据地震时间剖面上标准反射波同相轴及辅助波同相轴的错断、终止、产状突变、同相

轴扭曲、分叉合并、重复、相位转换、断面波、绕射波等标志识别断点。落差较大的正断点表现为反射波的错断间距较大,有断面波或绕射波出现,有时伴有构造牵引现象出现。落差小的正断点,表现为反射波错断间距较小或扭曲。只有很小距离的错断,时间关系上仅差几毫秒至十几毫秒。

(2)断点与断层评级标准

依据《煤炭煤层气地震勘探规范》(MT/T 897—2000)等相关规范,将断点在时间剖面上显示的可靠程度分为A、B、C三级;将断层按其可靠程度分为“可靠”、“较可靠”、“控制较差”三级。

3.4 古河道的解释

古河道中的砂层与周边粘土岩性差别较大,导致反射波在地震剖面上显示出较明显的差异,主要变现为有效波将呈现出凌乱、模糊、中断的特点,频率、振幅和外部几何形态也会发生明显变化,根据这些标志进行古河道的解释。

3.5 页岩气储层的解释

区域上山西组广泛发育,在平面上呈现“广覆型”分布,沉积稳定,厚度一般为80~130 m,碳质泥页岩总厚度为20~40 m左右,最大可达45 m。本区页岩气主要储存在二叠系山西组碳质泥页岩中,具有层数多、夹层多、单层厚度较小等特点,优选目标层位位于全区可采煤层5煤上30 m左右,厚度约8 m。本次页岩气有利区解释,利用区域上已知钻孔资料,结合多属性融合、技术多参数叠前反演等技术推测页岩气有利分布区,再根据裂缝发育区、高速页岩层夹在低速层的原则进一步确定优选目标层位^[29-31]。

4 解译成果

4.1 第四系底界面标高及变化趋势

第四系底界面整体呈现以小邀铺—三呼庄为界限,中间略浅向西北、东南逐渐加深趋势,深度在165~325 m。地层整体平缓,坡角小于3°。小邀铺—三呼庄连线附近新生界底界面最浅,其底界面标高为-175 m;东南部的东禅房附近新生界底界面最深,其底界面标高为-325 m。

4.2 新生界底界面标高及变化趋势

新生界底界面变化趋势与第四系底界面相似,整体呈现以小邀铺—三呼庄为界限,中间略浅向西北、东南逐渐加深趋势,等值线迂回曲折。地层整体平缓,坡角小于5°。小邀铺—三呼庄连线附近新生界底

界面最浅,其底界面标高为-900 m;东南部的东禅房附近新生界底界面最深,其底界面标高为-1 020 m。

4.3 褶曲

受后期构造运动的影响,形成了幅度不等的褶曲,其中褶曲构造表现较大的主要有子牙背斜。本次二维地震勘查测线均位于子牙背斜的西北翼,而子牙背斜的东南翼位于静海开发区,障碍物密集,无法进行地震勘探,因此未能控制子牙背斜的东南翼。为了完整描述子牙背斜,结合收集到的地震测线资料对该背斜的东南翼进行了推断解释。

子牙背斜承接相邻的大城勘查区继续在本区发育,轴向由大城勘查区的NNE向变为了NE向,两翼地层走向基本呈NE向,西北翼较缓,东南翼较陡。背斜的西北翼地层倾角在3~6°之间变化,东南翼地层倾角在8~10°之间变化。

子牙背斜的轴长在研究区内为10 km左右,最大宽度为15 km左右,为一向北东向倾伏的不对称的背斜(图2)。

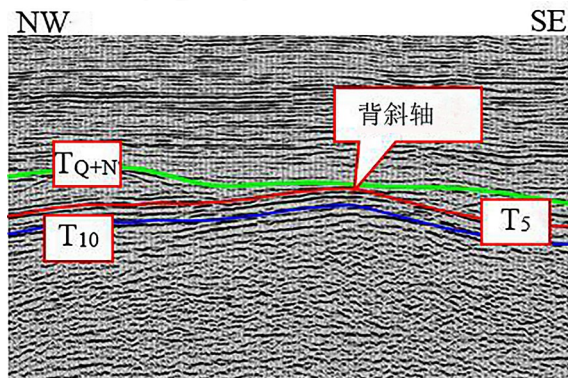


图2 子牙背斜在DC1测线上的显示
Fig.2 Ziya anticline in DC1 time section

4.4 断裂构造

本次地震解释新发现断层序号前面以“DF”打头编号;新发现断点序号前面以“df”打头编号。各断层(或断点)叙述具体如下:

(1)DF1正断层

该断层位于研究区西北部边界附近(图1),该断层在地震时间剖面上目的层反射波明显错断。断层走向NE,倾向NW,倾角70°,区内延展长度4 250 m,区内落差60~90 m,2条测线(D1、D2线)控制,2个A级断点,属可靠正断层(图3)。

(2)df1正断点

该断点位于朱家村西北D2测线2 315 m桩号附

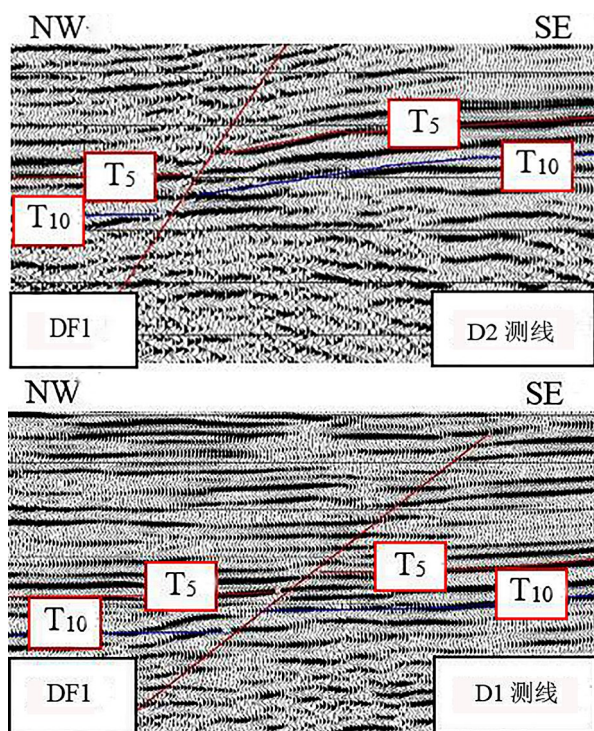


图3 DF1正断层在D1、D2测线上反映

Fig.3 DF1 normal fault in D1、D2 time section

近,该断点在地震时间剖面上目的层反射波明显错断,为A级断点,倾向NW,落差小于50 m(图4)。

(3)df2正断点

该断点位于朱家村西北D3测线2000 m桩号附近,该断点在地震时间剖面上目的层反射波明显错断,为A级断点,倾向SE,落差小于50 m(图5)。

(4)DF2正断层

该断层位于研究区东南部边界(图1),走向NE,倾向SE,倾角 55° ,落差0~130 m,区内延展长度为5 200 m,区内由DC1、DC2两条测线控制,1个A级断点,1个B级断点,为较可靠正断层(图6)。

4.5 5煤层底板标高及变化趋势

区内地层总体呈现向北东倾伏的背斜构造形态,地层走向基本为NE向。地层由子牙背斜轴部分别向西北、东南逐渐加深。子牙背斜的西北翼地层倾角在 3° ~ 6° 之间变化,而东南翼地层相对较陡,地层倾角在 8° ~ 10° 之间变化。区内构造相对简单,除研究区西北部边界DF1断层及东南部DF2断层外,其它区域未见断层发育。

全区5煤层埋藏最浅处位于子牙背斜轴部附近,底板标高为-1 150 m;最深处位于研究区东南部边界附近,底板标高为-1 900 m。研究区未见煤层露头及其它地质现象。

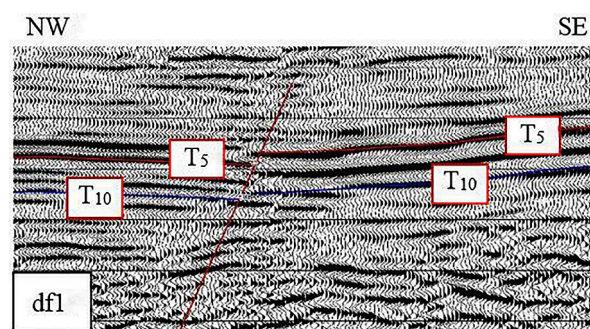


图4 df1正断点在D2测线上反映

Fig.4 The df1 breakpoint in D2 time section

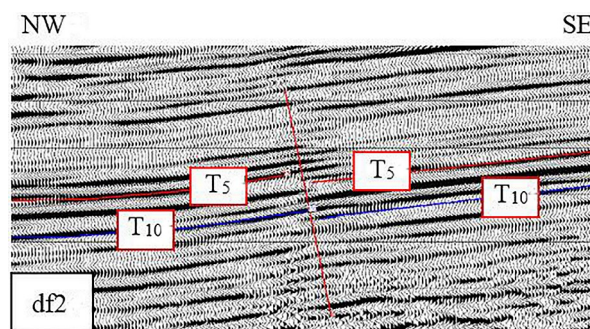


图5 df2正断点在D3测线上反映

Fig.5 The df2 breakpoint in D3 time section

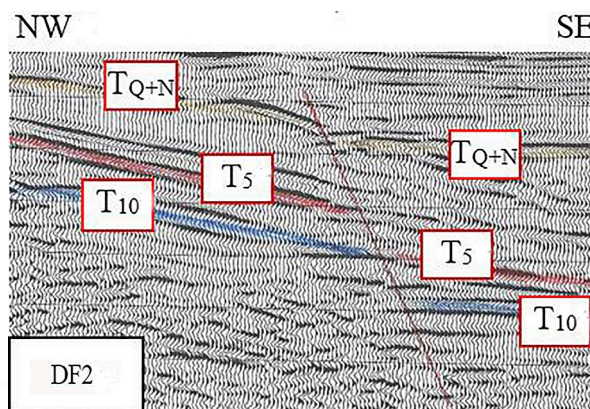


图6 DF2正断层在DC2测线上反映

Fig.6 The DF2 normal fault in DC2 time section

4.6 10煤层底板标高及变化趋势

10煤层和5煤层走向基本一致,这是因为两煤层间距基本一致,一般在100 m左右变化。从时间剖面上明显看出两组反射波相距70 ms左右。其构造规律和断层与5煤层也基本一致,褶曲构造也基本一致。煤层最浅处位于子牙背斜轴部附近,底板标高为-1 250 m,最深处位于研究区东南部边界附近,底板标高为-2 000 m。

4.7 古河道

本次地震勘探工作解译古河道一条,走向南北,范围较大,最宽处达2.5 km,西边界为北万营-郑庄

村-尚家村一线,东边界本次地震勘探线未能完全控制。地震剖面上显示古河道处波组连续性差,区域性凌乱,空间上明显呈现上宽下窄的几何形态,主要是因为古河道主要以砂层为主,大部分能量被砂层和淤泥层吸收,与周围粘土形成的反射波能量较弱。

4.8 页岩气储层分布特征

研究区页岩气储层为二叠系山西组的碳质泥页岩,与5号煤层关系密切,特别是优选目标层位,位于5号煤层上部约30 m处。根据5号煤层分布情况,同时结合页岩气储层的反射波特征推测本区页岩气储层分布特征如下:碳质泥页岩总体呈现向北东倾伏的背斜构造形态,地层走向基本为NE向。子牙背斜轴部埋深相对较浅,向两侧逐渐加深,北西侧地层倾角平缓,南东向较陡。

5 钻孔验证

为验证二维地震勘探在天津南部地质调查中应用的可行性,本次在三乎庄设计验证钻孔一个,位于D1剖面5 712.9 m处,编号为YZK-1,施工深度1 533.88 m(图7)。主要目的层为古河道底界面、第四系底界面、新生界底界面、页岩气优选目标层位、5煤层和10煤层(表2)。

5.1 古河道

根据二维地震勘探成果,古河道底界面反射波 T_G 位于二维地震时间剖面0.140 s附近,推测大致埋

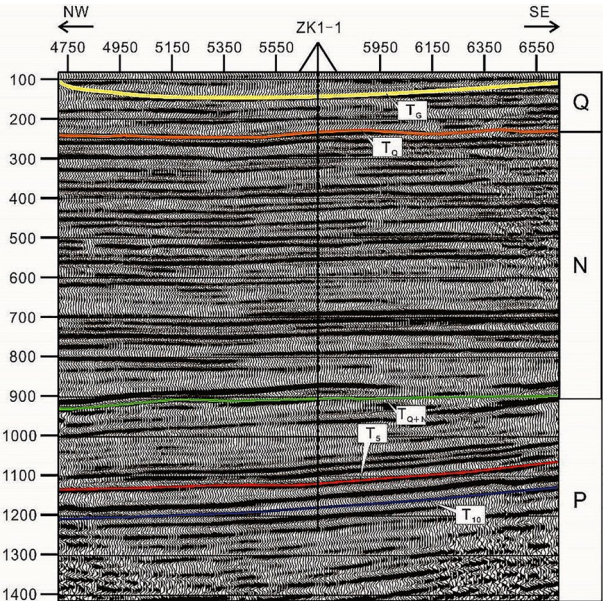


图7 验证钻孔时间剖面特征
Fig.7 The characteristics of time section from the verified drill

表2 验证目的层位参数一览表

Table 2 The parameters of the verified target layer

目标层位	时间剖面位置/s	预测埋深/m
古河道	0.140	140
第四系底界面	0.220	220
新生界底界面	0.905	905
页岩气优选目标层位	1.105	1 285
5煤层	1.120	1 315
10煤层	1.190	1 446

深为140 m。钻孔揭露埋深140 m附近的岩性特征如下:145.2 m为岩性分界线,上部为灰绿色、灰黄色、棕黄色细沙,粒度自上而下逐渐变粗,主要成分为石英、长石及其它暗色矿物,见灰绿色云母片,水平层理;下部为棕黄色、棕红色夹灰绿色粘土,局部略含粉砂质,可见白色钙质结核(图8)。该古河道上宽下窄,为条带状高地古河道,由砂质组成,是河流发育到晚期河床加积抬高而成,一般河床高出两侧平地1~3 m,这也是河北平原典型古河道特征。本次预测埋深与实际埋深相差5.2 m,误差为3.6%,在允许的误差范围内。

5.2 第四系底界面

根据二维地震勘探成果,第四系底界面反射波 T_Q 位于二维地震时间剖面0.220 s附近,推测大致埋深为220 m。钻孔揭露埋深220 m附近的岩性特征如下:201.4 m为岩性分界线,上部为灰绿色、灰黄色泥质细沙,主要成分为石英、长石及其它暗色矿物,可见灰绿色云母片,粒度自上而下逐渐变粗;下部为棕黄色、棕红色夹灰绿色砂质泥岩,粘土为主,夹少量粉砂,含白色钙质结核,粒径0.5~3.0 cm(图9)。本次预测埋深与实际埋深相差18.6 m,误差为8.4%,虽然误差与古河道底界面对比明显增大,但也在相关规范允许范围内。主要是受激发条件影响,大部分能量被粉砂层和淤泥层等吸收,造成 T_Q 波反射能量较弱,误差增大。

5.3 新生界底界面

根据二维地震勘探成果,第四系底界面反射波 T_{Q+N} 位于二维地震时间剖面0.905 s附近,推测大致埋深为905 m。钻孔揭露埋深905 m附近的岩性特征如下:898.7 m为岩性分界线,上部为灰绿色细砂岩,细粒结构,底部略粗,主要成分为石英、长石及其它暗色矿物,见灰绿色云母片;下部为紫红色、灰绿色泥岩,岩心完整,固结程度高,为基岩风化段,裂隙发育,泥质填充(图10)。本次预测埋深与实际埋深相差6.3 m,误差为0.7%,在允许的误差范围内。

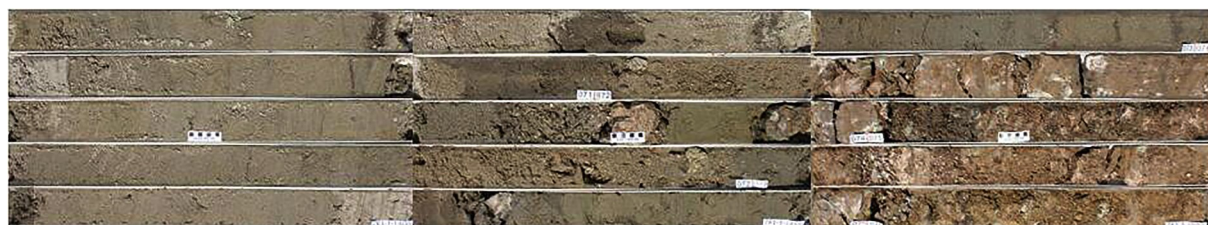


图8 钻孔揭露 135–150 m 岩性照片

Fig.8 The lithology photos revealed by drill from 135m to 150 m



图9 钻孔揭露 200–215 m 岩性照片

Fig.9 The lithology photos revealed by drill from 200m to 215 m



图10 钻孔揭露 895–910 m 岩性照片

Fig.10 The lithology photos revealed by drill from 895m to 910 m

5.4 5煤埋深

根据二维地震勘探成果,第四系底界面反射波 T_5 位于二维地震时间剖面1.120 s附近,推测大致埋深为1 315 m。钻孔揭露埋深1 315 m附近的岩性特征如下:5煤顶板埋深为1 320.98 m,底板埋深为1 332.03 m,见煤厚度11.05 m。煤层为黑色,块状为主,次为颗粒状,沥青光泽,多为亮煤,属半亮型煤。煤层含两层夹矸,夹矸岩性为黑色碳质泥岩,夹黑色碳质条带,泥质结构夹粉砂质碎屑,裂隙发育,充满方解石脉。本次预测埋深与实际埋深相差5.98 m,误差为0.4%,在允许的误差范围内。

5.5 10煤埋深

根据二维地震勘探成果,第四系底界面反射波 T_{10} 位于二维地震时间剖面1.190 s附近,推测大致埋深为1 446 m。钻孔揭露埋深1 446 m附近的岩性特征如下:10煤顶板埋深为1 416.39 m,底板埋深为1 427.07 m,见煤厚度10.68 m。煤层为黑色,块状为主,次为颗粒状,沥青光泽,多为亮煤,属半亮型煤。煤层含一层夹矸,厚度为0.55 m,夹矸岩性为黑色碳质泥岩,夹黑色碳质条带,泥质结构夹粉砂质碎屑,裂隙发育,充满方解石脉。本次预测埋深与实际

埋深相差19 m,误差为1.3%,虽然误差与5煤层埋深对比误差增大,但也在相关规范允许范围内。主要是受5煤层影响,大部分能量5煤层吸收,造成 T_{10} 波反射能量较弱,误差增大。

5.6 页岩气储层分布特征

根据区域地质资料和本次二维地震勘探成果,区内页岩气优选目标层位位于二维地震时间剖面1.105 s附近,推测大致埋深为1 285 m。笔者为验证预测结论,通过KD-Ⅱ型页岩气解气仪将山西组岩心全部进行现场解析,并采取含气量高的碳质泥页岩样品送至中海油能源发展股份有限公司化验室进行分析测试。

研究区优选目标层为山西组中部1 290 m处7 m厚的碳质泥页岩,含气量达1.8 m³/吨。主要矿物为黏土矿物,石英、钾长石、斜长石、菱铁矿、黄铁矿,方解石、铁白云石含量较少。高热解温度 T_{max} 为469℃,生烃潜量(S_1+S_2)介于1.18~34.48 mg/g之间,氢指数介于61~258 mg/g之间。有机质成熟度平均为0.83%。本次预测埋深与实际埋深相差5 m,误差为0.7%,在允许的误差范围内。

研究区页岩气储层碳质泥页岩具有层数多、单

层厚度小、夹层多等特点,含具有一定渗透率的致密的砂岩、泥质粉砂岩并多见黑色煤层夹层,不能直接使用海相页岩的评价方法,应该针对页岩源岩—储层自身的地质特点,对泥岩及砂岩进行综合评价。对泥岩间厚度大于3 m,且具有一定渗透率的砂岩夹层与泥岩划为整体目的层评价,经统计,本区山西组含气碳质泥页岩总厚度约为30 m,以5煤为底板,顶板位于5煤上部60~80 m处,全区稳定分布,钻探揭露情况与二维地震解译成果一致。

6 结论

(1)在天津南部平原区应用二维地震勘探技术,能够很好的揭示第四系深覆盖平原区古河道、第四系和新生界界面的展布特征,指导平原区地质调查工作,为了解地下空间形态提供了直接的证据。

(2)通过二维地震勘探,大致查明了研究区地层和5煤、10煤底板埋深及起伏形态,能够在找煤工作中发挥重要作用,为钻孔的布设提供依据。

(3)二维地震勘探揭示研究区断裂和断点相对准确的位置,为下一步开展相关规划和煤炭资源的清洁开发奠定了坚实的基础。

(4)通过充分分析区域地质资料,结合本次二维地震勘探工作,按照构造简单、地层倾角和绝对曲率较小、埋深位于5煤上30 m左右的原则,标定了页岩气优选目标层位,为进一步开展页岩气相关勘探工作提供依据。

本次二维地震解译的各项资料,均通过钻探、化验等手段进行验证,验证结果与二维地震解译结果吻合,提高了二维地震在地质调查工作中的可靠性,可以将本次二维地震勘探所取得的成果进行推广。

参考文献:

- [1] 王振东. 浅层地震勘探应用技术[M]. 北京:地震出版社, 1988.
- [2] 张琳,张慧利,景喜林,等. 二维地震勘探在找煤中的应用[J]. 工程地球物理学报, 2013, 10(5):642-647.
- [3] 许崇宝,孙立新. 二维地震勘探技术在新疆准东煤田预查中的应用[J]. 煤田地质与勘探, 2013, 41(5):76-79.
- [4] 付俊清,孙治新,袁燕. 二维地震勘探在洛阳找煤中的应用与效果[J]. 工程地球物理学报, 2012, 9(2):200-204.
- [5] 黄科辉,张亚峰. 二维地震构造解译法在霍西煤田郑家寨普查区中的应用[J]. 地质调查与研究, 2019, 42(01):64-71.
- [6] 武磊彬,吴有信,曹利民. 贵州山区页岩气二维地震勘探采集技术与效果[J]. 中国煤炭地质, 2017, 29(9):74-78.
- [7] 郭东鑫,张跃磊,张彦起,等. 渝黔湘秀山区块页岩气二维

- 地震勘探研究[J]. 西安科技大学学报, 2014, 34(2):188-193.
- [8] 闫敏,刘茂争,赵宝成. 二维地震勘探在区域地质调查中的应用[J]. 能源技术与管理, 2017, 42(4):161-163.
- [9] 缪卫东,周国兴,冯金顺,等. 二维地震勘探方法在南通区调工作中的应用[J]. 地震地质, 2010, 32(3):520-531.
- [10] 汪翡翠,施佩歆,商志文,等. 天津市海岸线现状[J]. 地质调查与研究, 2019, 42(04):278-281.
- [11] 白耀楠,马震,张竞,等. 廊坊北三县工程建设适宜性评价[J]. 地质调查与研究, 2019, 42(02):117-122.
- [12] 孟庆华,杨齐青,谢海澜,等. 浅谈环渤海经济区环境地质图编图[J]. 地质调查与研究, 2019, 42(02):129-134.
- [13] 柳富田,方成,杜东,等. 曹妃甸滨岸带砂土液化分布特征研究[J]. 地质调查与研究, 2019, 42(01):45-48.
- [14] 杜东,王国明. 京津冀结合部区域地壳稳定性评价[J]. 地质调查与研究, 2020, 43(03):218-223.
- [15] 王卫星,曹淑萍,李攻科,等. 天津板栗品质分析及其立地地质背景研究[J]. 物探与化探, 2017, 41(05):972-976.
- [16] 王福,李建芬,陈永胜,等. QX01孔记录的渤海湾西岸沿海低地 MIS3 晚期以来的河道充填与环境演化[J]. 地学前缘, 2016, 23(04):301-309.
- [17] 王志刚,曹健,江胜国,等. 天津市煤炭地下气化可行性研究[R]. 天津:天津华北地质勘查局地质研究所, 2017.
- [18] 王志刚,曹健,付小锦,等. 天津西部地区山西组页岩气富集条件及勘探方向[J]. 煤炭科学技术, 2017, 45(11):31-36.
- [19] 刘裕,陆晨明,马荣. 冀东平原地下水中铁离子来源判别分析研究[J]. 地质调查与研究, 2019, 42(02):135-142.
- [20] 王云龙,郭海朋,孟静,等. 沧州典型地面沉降区土体压缩与固结特征研究[J]. 地质调查与研究, 2020, 43(03):246-250+278.
- [21] 孙薇,王振兴,张冰,等. 重要规划建设区及交通廊道辐射区地质环境稳定性评价分析[J]. 地质调查与研究, 2020, 43(03):279-286.
- [22] 庞海,杨永江,靳宝珍,等. 天津市静海新城地质构造特征和地热成因探讨[J]. 地质调查与研究, 2010, 33(02):149-154.
- [23] 赵理中. 煤炭地下气化的地质条件[J]. 中国煤炭, 1995, (7):67-68.
- [24] 王志刚,付小锦,江胜国. 煤炭地下气化技术在天津地区的应用研究[J]. 煤炭与化工, 2015, 38(9):31-34.
- [25] Hart B, Sayers C, Jackson A, et al. Introduction to this special section: Shale[J]. The Leading EDGE, 2011, 30(3):272-340.
- [26] 王香增. 陆相页岩气[M]. 北京:石油工业出版社, 2014.
- [27] 刘保金,孙振国,赵成斌,等. 延庆怀来地区高分辨率浅地震反射剖面[J]. 地震地质, 1999, 21(4):425-430.
- [28] 王庆海,徐明才. 抗干扰高分辨率浅层地震勘探[M]. 北京:地质出版社, 1991.
- [29] 张晓波,司庆红,左兆喜,等. 陆相煤系页岩气储层孔隙特征及其主控因素[J]. 地质学报, 2016, 90(10):2930-2938.
- [30] 曹代勇,王崇敬,李靖,等. 煤系页岩气的基本特点与聚集规律[J]. 煤田地质与勘探, 2014, 42(4):26-30.
- [31] 姜文利. 华北及东北地区页岩气资源潜力[D]. 北京:中国地质大学(北京), 2012.