

大地电磁测深在油气勘探中的应用

——以民和盆地为例

卫平生 谭开俊 张虎权

(中国石油勘探开发研究院西北分院)

卫平生等.大地电磁测深在油气勘探中的应用——以民和盆地为例.天然气工业,2006,26(8):37-40.

摘要 结合区域地质资料和地球物理特征,对民和盆地的大地电磁测深资料进行了处理和解释。根据大地电磁测深的解释结果,确定了主要目的层系的分布,推断了主要目的层系的沉积和沉降中心,重新划分了民和盆地的构造单元,认为该盆地是一个多沉积、沉降和生油气中心的盆地,其中周家台低隆起及其两侧是油气聚集的有利区带。该盆地的勘探实践证明,大地电磁测深是一种快速、高效、经济的油气普查手段。

关键词 大地电磁测深 沉积中心 沉降中心 构造单元 民和盆地

大地电磁测深法是一种通过观测地面天然交变电磁场来研究地下岩层电学性质及其分布特征的勘查方法。因其勘探深度较大,不受高阻地层的屏蔽及施工简便等优点。近年来,大地电磁测深得以迅速地发展,广泛应用于石油天然气勘查、地震预报、地热田的调查与大地构造研究等领域^[1-5]。

一、区域地质及岩石地球物理概况

1. 区域地质概况

民和盆地位西起青海省乐都县,东至兰州市皋兰县;南起甘肃永靖县,以拉脊山、雾宿山为界,北抵永登县,以马牙雪山、天王山为界,面积 11300 km²。工区内沟壑纵横,为高山和黄土高坡所覆盖,地形复杂,交通不便。

该盆地是在前寒武系变质基底和加里东褶皱带的花岗岩基底上发育起来的,它是印支运动之后叠合在祁连褶皱山系的一个断、坳山间盆地^[6-7],构造格局为“两坳两隆”^[8],在中新生代历史时期,经历了印支、燕山、喜山期构造运动,构造形变显著,盆地各类构造得以形成和发展,局部构造十分发育。该盆地发展演化经历了4个阶段。①前侏罗纪盆地断陷前隆起阶段:三叠纪,印支运动使盆地以中央古隆起为中心产生了大范围的抬升,隆起外围被三叠系地层所环抱,隆起上缺失三叠系地层。②侏罗纪—早白垩世盆地断陷阶段:此时期盆地中央古隆起轴部的裂前基岩隆起解体,产生一系列反倾向正断层,形成

地堑,进入断陷发展阶段,这一时期为盆地主要充填时期,发育了湖泊、三角洲、冲积扇、河流相等沉积。③晚白垩世—第三纪盆地坳陷阶段:在新的区域应力支配下,断陷消失,坳陷开始发展,其沉积范围比较广泛,主要沉积上白垩统及第三系地层。这一时期主要发育河流相沉积。④第四纪盆地消亡阶段:第四纪时期,盆地进入坳陷消亡、外流水系发展阶段,形成大小丘陵和山地地形,沉积砾砂层和黄土层。

2. 岩石地球物理特征

从盆地内地层的电阻率特征可知:新生界电阻率相对较高,中生界中部巨厚的河口组电阻率相对低,侏罗系电阻率又相对河口组高,前侏罗系基底电阻率更高。电阻率这种分布给我们3点启示:①不同地层间电阻率具有一定的差异,具备应用大地电磁测深法的地球物理前提;②前侏罗系与其上的中、新生代地层电阻率差异较大,这对追踪基底顶面十分有利;③下第三系上部地层和上第三系地层相对于上下地层具有低阻特征,河口组也具有低阻特征,可作为资料处理解释中的标志层。

二、MT 资料的处理解释

大地电磁测深的资料处理与解释过程包括:原始资料的预处理、资料的定性分析、定量解释、综合推断获得地质成果。这是一个逐步深入,前后衔接、反复完善的过程,深入研究大地电磁测深理论,合理应用先进的处理及反演解释技术,是保证最终解释成果正

作者简介:卫平生,1965年出生,高级工程师,博士;1987年毕业于原华东石油学院勘探系,主要从事石油地质研究工作。地址:(730020)甘肃省兰州市雁儿湾路227号。电话:(0931)8686133。E-mail:weips@petrochina.com.cn

确的关键,充分掌握研究区区域地质规律、地球物理特征及其他相关资料,准确把握电性特征及分布规律与地层、地质构造的对应关系,才有利于检验处理解释中各环节的合理性,得到正确的地质成果。

原始资料的预处理是资料处理解释中的基本工作,其任务是取得可靠的阻抗要素,视电阻率、相位和其它 MT 参数资料,以保证后续的定性分析和定量解释。

预处理工作中比较重要的是静态校正。本次研究主要按单点相似性(同一测点 σ_E 、 σ_M 曲线首支一致)以及区域相似性(同一构造区域的相邻点,首支应基本一致)的原则,对畸变曲线进行平行法静态校正,不仅保证视电阻率及相位不受静态畸变影响,也保证了由其计算出的其他响应参数的正确性。为了进一步消除局部的静效应,还可对测点测深曲线沿测线进行五点滤波。五点滤波的系数分别为 0.12、0.22、0.32、0.22、0.12。

定性分析主要对实测曲线类型,总纵向电导以及视电阻率—频率断面和相位—频率断面进行了分析。定性地把握测区的电性特征、基底隆凹变化、构造单元区分、断裂分布及地层变化规律。

定量解释采用了 Bostick 反演,层状一维反演和拟二维反演方法。Bostick 反演虽然是一种近似的反演方法,但其反演结果是唯一的,忠实于原始资料,没有任何人为的因素,对成果的分析与解释具有一定的指导价值。多种方法的反演结果相互佐证以求推断解释资料的充分性。

三、成果地质解释

1. 地层分布

(1) 上白垩统至第四系

在 741 个 MT 测点中,经解释有该套地层的点 437 个,约占总测点的 59%。层厚一般小于 2.0 km,平均厚度达 0.7 km。从整体上看, K_2+K_3 的分布地区主要有:①刘家窑到牌楼,呈条状,延伸方向为北西向,但在大通附近向西拐,呈近东西向。在前进、红湾、王家湾,牌楼村、荒涝池、大通等地沉积厚度达到或超过 1 km;②马营—古鄯—民和,沉积厚度也超过 1 km,平均达到 1.4 km;③在周家台、陈家山、河嘴、岔路村等地的厚度可能小于 0.2 km,主要是第四系或第三系,这与这些地区的下白垩统河口组广泛出露的情况相吻合。

(2) 下白垩统

下白垩统底界埋深平均为 1.6 km,埋深超过

2 km 的 MT 点不少,约占总测点的 40%。平均厚度为 1.2 km,厚度超过 2 km 的物理点在 200 点以上。

下白垩统平面分布区域主要有:①刘家窑—红城子—黑喇嘛,呈长椭圆状,轴向北西,在前进与红湾之间、王家湾南部、观音庙村北等地埋藏深度达 3 km 以上;②马营—段家岭—河嘴—民和以西地区,埋藏深度在 1.5 km 左右,不如前者深;③在钱家寺、周家台、岔路村、王台埋藏深度较浅。

(3) 侏罗系

侏罗系的底界埋藏深度平均为 2.5 km,最深的为 5.6 km,超过 2.5 km 的物理点约占 50%。在 741 个 MT 测点和几个钻孔数据中,平均厚度为 0.88 km,最薄为“0”,最厚的达 2.1 km,厚度大于 0.8 km 的测点约为 60%。

在前进—红湾、王家湾—红城子、观音庙—黑喇嘛,侏罗系的底界埋藏深度超过了 4 km;在马营西南,埋藏深度也达到了 3 km。厚度大于 1 km 的区域主要有:①大滩—前进—红湾,呈“葫芦”状,轴向北东;②观音庙—大通,形状不规则,总体呈近东西向;③黑喇嘛,局部分布;④河嘴—民和,鸭梨状,轴向北西;⑤马营以西地区,未封闭。

2. 沉积和沉降中心的确定

应用 MT 资料中的同一地层电阻率由大变小来解释岩石组构的颗粒粗细,以及同一地层的厚度变化来解释沉降幅度具有一定的依据,但有着一定的局限性。尽管如此,MT 资料还是可以统计性、大范围地研究沉积中心和沉降中心。

根据上白垩统至第四系电阻率分布的研究,沉积中心除在黑喇嘛—牌楼—临坪(其电阻率小于 $10 \Omega \cdot m$)外,其它地区不太明显。根据上白垩统至第四系的厚度,确定的沉降中心有 3 个:小涝池—红湾—王家湾;牌楼—荒涝池;民和县西南地区。沉积中心和沉降中心并不完全重合。根据上白垩统至第四系的电阻率分布以及沉积中心与沉降中心的关系,确定上白垩统至第四系的物源来自东北、西北、西南以及周家台低隆起地区(图 1)。

根据下白垩统电阻率分布的研究,认为下白垩统有 3 个沉积中心:刘家窑—大通地区;黑喇嘛—何家窑地区;民和县—王坪地区等(其电阻率小于 $15 \Omega \cdot m$)。根据下白垩统的厚度,确定其沉降中心有 5 个:小涝池—前进;红城子—王家湾;王家沟—观音庙—黑喇嘛;王坪—段家岭;马营西地区等。沉积中心和沉降中心并不完全重合。根据下白垩统的电阻率分布以及沉积中心与沉降中心的关系,确定下白

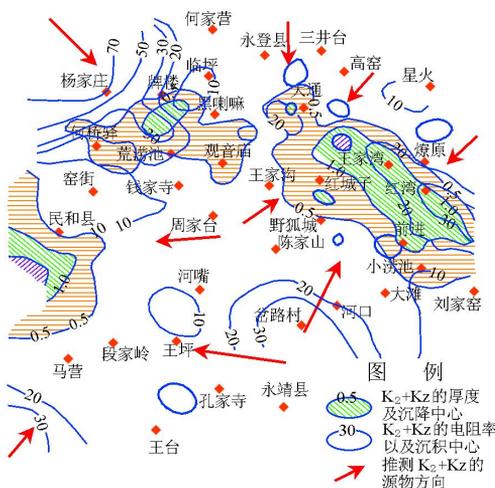


图 1 民和盆地 K₀+K_z 沉积中心、沉降中心与物源方向示意图

统的物源来自东北、西北、西南以及大通河组的物源可能来自周家台地区(图 2)。

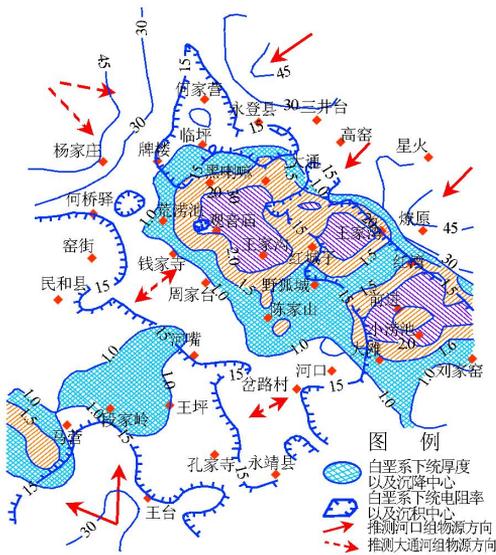


图 2 民和盆地白垩系沉积中心、沉降中心与物源方向示意图

根据对基底电阻率的研究,认为侏罗系沉积之前,已有北西走向构造基础,侏罗系在本区(除皋兰隆起外)广泛沉积。根据侏罗系的电阻率分布,推测侏罗系有 7 个沉积中心:永登县—高窑;牌楼—临坪;黑喇嘛—王家湾;刘家窑;岔路村;窑街—民和;马营—孔家寺等(其电阻率小于 35 Ω·m)。根据侏罗系的厚度(图 1),确定侏罗系的沉降中心有 5 个:小涝池—红湾;观音庙—黑喇嘛;牌楼;海石湾—王坪;马营以西地区等。沉积中心和沉降中心并不完全重合。根据侏罗系的电阻率分布以及沉积中心与

沉降中心的关系,确定侏罗系的物源来自东北部、西南部以及南部(图 3)。

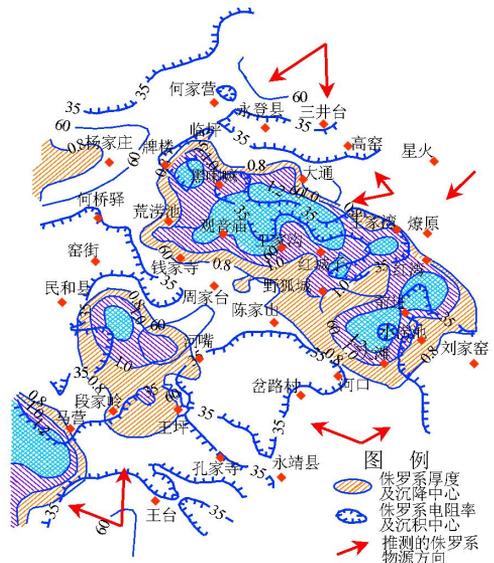


图 3 侏罗系沉积中心、沉降中心、物源方向示意图

前人研究成果表明^[6-9],侏罗系是盆地烃源岩发育的主要层系。MT 资料揭示了盆地有 7 个沉积中心,说明了盆地是一个具有多个生油气中心的沉积盆地,其中永登和巴州拗陷是盆地最好的生油气中心。

3. 构造单元的划分

根据不同构造单元的划分原则,就有不同的认识。本次研究的划分原则是:侏罗系的存在与否;基底的埋深;基底的电性;断裂的控制;盖层的发育。根据上述原则,以 MT 测深资料为基础,以构造单元的成生关系为原则,并结合前人的研究成果^[7],将民和盆地划分为 4 个一级构造单元(图 1):皋兰隆起、永登拗陷、周家台低隆起和巴州拗陷。皋兰隆起由于 MT 测线范围内没有侏罗系的存在,因此可能在侏罗系沉积之前即在印支期已经形成。而永登拗陷、周家台低隆起和巴州拗陷均存在侏罗系地层,以及在周家台低隆起上又存在侏罗系沉积中心,因此这 3 个一级构造单元在早、中侏罗世可能还没有分化。根据下白垩统大通河组的物源可能来自周家台低隆起区,推断这 3 个一级构造单元可能在晚侏罗世与早白垩世间形成。

油气的聚集往往环生油气中心分布,从以上沉积中心、沉降中心分布以及主要的物源方向,我们不难推断周家台低隆起及其两侧是油气聚集的有利区带。

四、结论

(1)大地电磁测深反演拟合过程的多解性是一

个必需注意的问题,因此,在 MT 数据解释过程中广泛收集并充分利用研究区内已有的地质物探资料是非常必要的。

(2)在民和盆地这个复杂地区,大地电磁测深法显示出其优越性:它在确定地层分布、沉积中心和沉降中心以及划分构造单元等方面具有明显效果,是一种快速、经济和有效的油气普查手段。

(3)笔者认为民和盆地是一个多沉积、沉降和生油气中心的盆地,其中周家台低隆起及其两侧是油气聚集的有利区带。

参 考 文 献

- [1] 魏为博.我国大地电磁测深新进展及展望[J].地球物理学进展,2002,17(2):245-254.
- [2] 王家映.我国大地电磁测深研究新进展[J].地球物理学进展,1997,40(增刊):206-216.
- [3] 于师建,王玉和.双源大地电磁测深及其应用[J].煤炭科学技术,2003,31(11):5-7.
- [4] 刘秋德.坝口地区大地电磁测深与双频激电测深的应用效果[J].世界核地质科学,2003,20(3):161-163.
- [5] 杨生,姚治龙,刘俊昌.冀北拗陷大地电磁测深研究[J].中国地质,2002,29(4):421-425.
- [6] 张虎权.民和盆地石油地质特征及含油气远景评价[J].石油实验地质,1998,20(1):10-13.
- [7] 张虎权,杨中轩.民和盆地的构造特征[J].石油实验地质,1996,18(3):283-288.
- [8] 卫平生,王新民.民和盆地煤层气特征及形成地质条件[J].天然气工业,1997,17(4):19-22.
- [9] 卫平生.含油气系统及其在民和盆地的应用[M]//中国石油学会地质专业委员会,中国含油气系统的应用与进展.北京:石油工业出版社,1997:7

(收稿日期 2006-04-09 编辑 黄君权)