

成果与方法

临清地热勘查中的大地电场岩性测深
与测井曲线对比研究

杨德平, 刘鹏瑞

(山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013)

摘要:在临清市几个地热勘查项目工作中应用了大地电场岩性测深技术,主要用于了解深部热储层的含水情况,选定地热井井位,取得了较为理想的结果。通过与测井及钻井结果对比,说明该方法能够较为准确地反映地层含水层段的深度、厚度等情况,为井位选取提供可靠的依据。在 0~1140 m 的第四系、新近系明化镇组及 1720 m 以深的古近系东营组含水层多与大地电场岩性测深的 0 值及低正值(+0.5~+1.0)相对应;在 1140~1720 m 的新近系馆陶组含水层多与其 0 值、负值相对应。因大地电场岩性测深曲线是地下多种因素的综合反映,有时也会得出不准确的结论。尽管如此,对于地热勘查,该方法仍是很有价值的。今后应考虑扩大该技术在地热勘查中的应用范围和应用方式,如用于调查区域内的热储层顶底板埋深情况、热储层厚度、断裂构造的位置及产状等。

关键词:地热勘查;大地电场岩性测深;测井;对比;山东临清

中图分类号:P631.8⁺11;P314.3

文献标识码:A

0 引言

大地电场岩性测深技术是 20 世纪 80 年代中期兴起的一种新的地面物探方法。它的基本原理是在地面上用不接地探头感测地下的上升电场。根据接收电场,输出类似电阻率测井曲线的岩性测深曲线,横坐标是视综合电阻率(ρ_s),纵坐标是深度(m)。再根据岩性测深曲线划分地层界面,分析地层岩性及地质构造,确定可能含水地质体。大地电场岩性测深技术是一种微分效应的物探方法,较常用的视电阻率四极测深是一种综合积分效应的地面物探方法^[1]。

在临清市颐清园小区、御临苑小区地热勘查中应用了大地电场岩性测深技术。现就两个地热井的大地电场岩性测深和测井资料做一对比研究,考查大地电场岩性测深在层状热储地热勘查中的应用效果。

1 不同岩性层段测井视电阻率和自然电位总体特征

1.1 不同岩性层段的视电阻率特征

在 1000 m(指地表以下 1000 m,下同)以上井段,粘土、粉砂、泥岩、粉砂岩地层视电阻率曲线呈低值反映,一般为 5~10 ρ_s ;细砂岩地层为 10~15 ρ_s ;中、粗砂岩层段一般为 15~25 ρ_s ;含砂砾岩层可高达 50 ρ_s 以上;1000 m 以深井段由于含水矿化度较高,同一岩性的视电阻率值比浅部降低。

1.2 不同岩性层段的自然电位特征

自然电位在泥岩、粉砂岩层段呈基值反映。ZK2 地热井 0~1150m 井段,ZK3 地热井 200~1400m 井段中的含水砂岩层段,自然电位曲线呈正异常反映,与视电阻率高阻相对应,井深 1150m(或者 1400m)以深井段的含水层因矿化度较高,自然电位曲线呈负异常反映(图 1,2,3,4)。

2 测井确定的含水层大地电场岩性测深特征

含水层大地电场岩性测深特征,其数据经归纳整理详见表 1。

收稿日期:2005-07-11;修订日期:2006-01-10;编辑:孟舞平

作者简介:杨德平(1963-),男,山东寿光人,高级工程师,从事地质矿产及地热勘查工作。

山东省地质科学实验研究院,山东省临清市城区颐清园小区地热单井地质报告,2003 年。

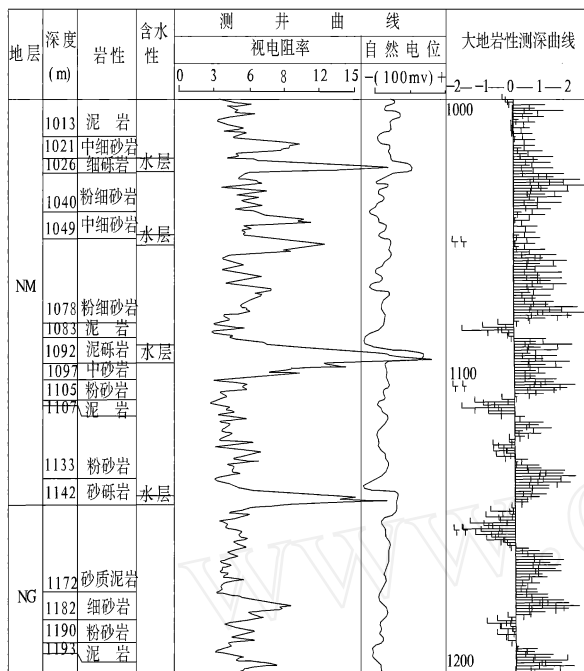


图 1 ZK2 地热井 1000 ~ 1200 m 井段测井曲线
与大地电场岩性测深曲线对比图

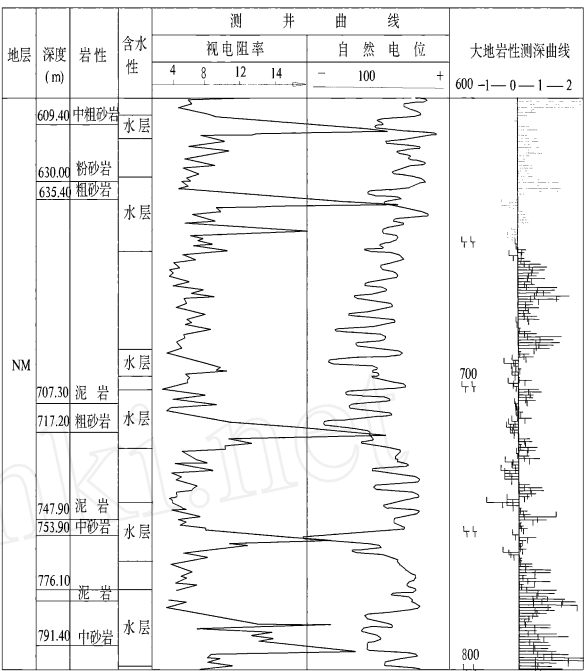


图 3 ZK3 地热井 600 ~ 800 m 井段测井曲线
与大地电场岩性测深曲线对比图

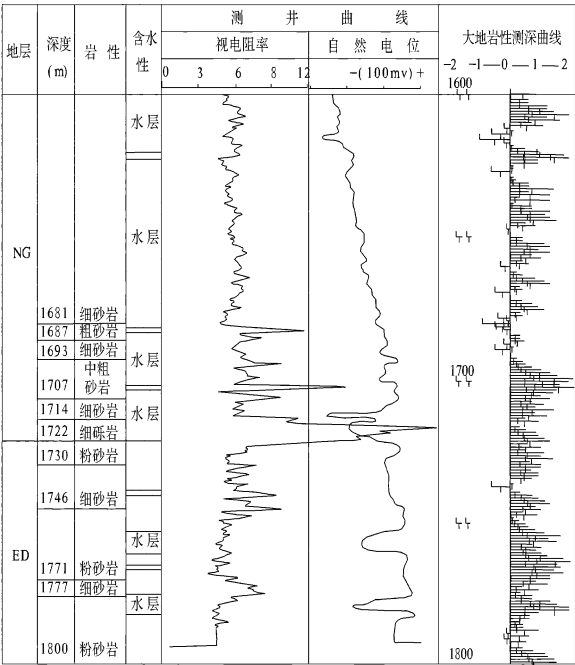


图 2 ZK3 地热井 1500 ~ 1700 m 井段测井曲线
与大地电场岩性测深曲线对比图

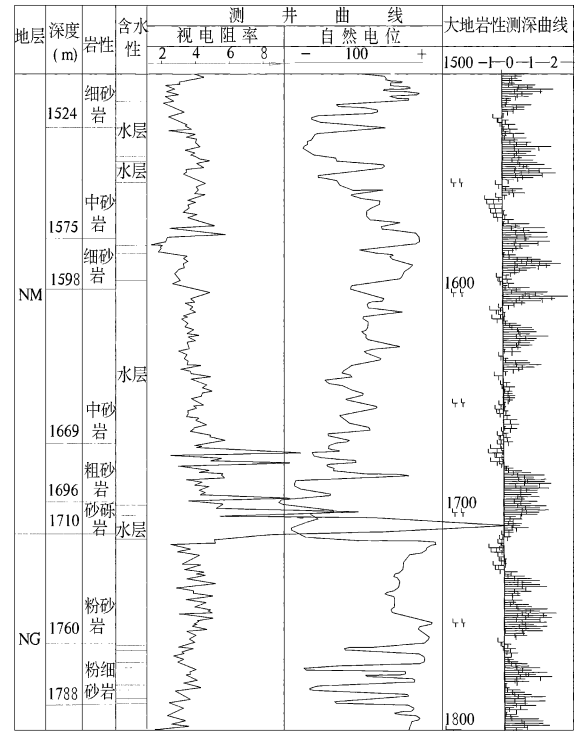


图 4 ZK3 地热井 1500 ~ 1800 m 井段测井曲线
与大地岩性测深曲线对比图

表 1 测井确定的含水层的大地电场岩性测深特征

含水层深度/ m	视电阻率特征	含水层深度/ m	视电阻率特征	含水层深度/ m	视电阻率特征	含水层深度/ m	视电阻率特征
ZK2							
291.6 ~ 295.4	0	596.1 ~ 603.0	+ ,0	905.9 ~ 914.1	-	1456.6 ~ 1458.4	- ,0
305.4 ~ 309.5	+	632.8 ~ 638.9	- ,0	1020.8 ~ 1025.1	+	1494.9 ~ 1500.5	-
341.4 ~ 345.5	+	691.6 ~ 695.3	-	1086.3 ~ 1091.9	+	1509.9 ~ 1586.3	- , +
429.8 ~ 431.8	- ,0	717.0 ~ 724.5	- ,0	1138.0 ~ 1140.9	- ,0	1587.1 ~ 1621.3	- ,0
451.6 ~ 453.4	0	727.1 ~ 731.8	0	1261.8 ~ 1264.1	- ,0	1622.6 ~ 1682.4	- ,0 , +
497.0 ~ 503.5	+	749.6 ~ 761.8	- ,0	1323.6 ~ 1327.3	-	1684.1 ~ 1702.5	- , +
504.6 ~ 512.4	-	828.9 ~ 832.5	+	1333.3 ~ 1336.8	-	1703.8 ~ 1722.4	+
521.9 ~ 528.9	+	867.8 ~ 877.0	+	1400.0 ~ 1407.1	-	1753.8 ~ 1761.4	+
568.9 ~ 572.9	-	879.3 ~ 883.8	-	1415.3 ~ 142.1	0 , +	1764.6 ~ 1766.6	+
584.0 ~ 586.6	- ,0	892.1 ~ 898.0	+	1431.5 ~ 1442.4	+	1775.9 ~ 1781.5	+
ZK3							
1021.5 ~ 1030.0	+, -	1272.5 ~ 1275.1	0, -	1517.8 ~ 1522.9	- ,0	1692.8 ~ 1697.8	+
1034.9 ~ 1038.9	+, -	1345.0 ~ 1348.5	+	1525.0 ~ 1539.4	+	1704.4 ~ 1711.4	-
1051.9 ~ 1055.6	+	1360.8 ~ 1365.1	+	1543.3 ~ 1551.4	+	1761.0 ~ 1763.5	-
1068.3 ~ 1072.0	+, -	1374.0 ~ 1377.5	- ,0	1593.6 ~ 1607.0	- ,0 , +	1769.8 ~ 1772.6	+
1118.4 ~ 1123.3	+,0	1382.1 ~ 1386.3	- ,0	1608.6 ~ 1622.9	- ,0 , +	1778.9 ~ 1782.1	+,0
1149.1 ~ 1159.3	0, -	1396.5 ~ 1399.3	+	1631.1 ~ 1650.4	- ,0	1819.8 ~ 1821.1	+
176.8 ~ 1180.0	0	1411.9 ~ 1414.9	+	1662.0 ~ 1682.0	-		
1244.8 ~ 1249.3	0, -	1456.5 ~ 1499.6	+,0	1684.8 ~ 1689.5	+		

表中“+”,“0”,“-”,分别表示大地电场岩性测深为正值、近 0 值和负值。

3 地层各层段特征

3.1 第四系

深度 0 ~ 296m 左右为第四系,上部是松散的粉砂、粘土、粉砂质粘土、细砂等。在细砂、粉砂层中有 多层含水层,并且含水层为淡水层。在视电阻率测井曲线上表现为低阻层段为主,自然电位曲线表现为高的平均值,含水层与正异常对应。含水层段在大地电场岩性测深曲线上主要表现为正低值(+0.5 ~ +1.0)特征,局部出现负值。

3.2 新近纪

新近纪地层在该区主要发育黄骅群,黄骅群可分为上、下两套岩层,下部粒度偏粗,色调较杂,为馆陶组;上部粒度偏细,为明化镇组。

(1)明化镇组

深度大约 296 ~ 1140 m 为新近纪明化镇组,岩性为弱固结的泥岩、粉砂岩、细砂岩、中砂岩等,以上粗下细为特征,在视电阻率测井曲线上表现为多个高阻层段,自然电位曲线由于含水层矿化度的增高,其平均值降低,含水层段多数正异常相对应、少数与负异常对应。含水层段在大地岩性测深曲线上表现为低正值、0 值或低负值(图 1,图 3)。

(2)馆陶组

深度大约 1140 ~ 1720m 为新近纪馆陶组,以上细下粗为特征。上部主要为泥岩,粉砂质泥岩、粉砂岩、细砂岩互层;下部主要为石英砂岩、粗砂岩,并含黑色燧石结核。底部有一层厚 8 m 左右的细砾岩,砾石直径大小 2 ~ 6 mm。

视电阻率测井曲线上表现为高阻层段明显减少,自然电位平均值先降后升的特征。馆陶组虽然存在多层细砂岩、中砂岩,岩石的固结性明显强于明化镇组,但由于含水层段的水矿化度普遍较高,综合作用使其视电阻率的高阻段明显少于明化镇组,视电阻率的幅值也明显降低,自然电位平均值降低。含水层段与视电阻率高正异常和自然电位负异常对应。

含水层段在大地电场岩性测深曲线上表现为 0 值或负值特征。ZK2 孔在 1456.5 ~ 1499.6 m 大地电场岩性测深曲线没能很好地反映,而测井曲线反映良好;大地电场岩性测深曲线对于 1550.0 ~ 1820.0 m 层段的多个含水层反映良好(图 2)。

3.3 古近纪东营组

岩石固结程度明显升高,主要为粉砂岩、泥岩。含水层段与视电阻率中低阻和自然电位负异常相对

应,自然电位平均值随深度增加而缓慢升高。大地电场岩性测深曲线上多表现为正高值(1.5~2.0),含水层少且薄,大地电场岩性测深曲线表现为0值或正低值,在ZK3孔1805 m,1852 m局部层段有含水层显示(图2,图4)。

4 地层界线点的判断

4.1 第四系与新近纪明化镇组的界面特征

根据电测井及地热井钻井结果可知该区第四系底界应在290~296 m。在视电阻率测井曲线上表现为迅速出现多段高阻段及由低阻段向高阻段的转变。第四系松散沉积物中的含水层主要以淡水为主,故自然电位表现为高平均值。

大地电场岩性测深曲线在对第四系与新近系界线的表现上没有这一明显的转变。大地电场岩性测深曲线由280~310 m有一个数值升高过程,由0.0~1.0升高到0.5~2.0。至390 m左右出现一个含水层段。在第四系中的含水层段多处为正值段(如ZK2中的50~110 m,175~270 m等)。

4.2 新近纪明化镇组与新近纪馆陶组的界面特征

根据电测井及钻井结果该界面应在1142~1180.5 m,该界面在视电阻率测井曲线上表现明显,表现为视电阻率高值层段明显减少,自然电位平均值缓慢降低。

在大地电场岩性测深曲线上该界面特征并不明显,在ZK2处表现为在1060~1070 m由正高值+1.5~+2.0至1120~1155 m出现3个负值(-1.0~-1.5)与正值(+1.5)相间分布的层段(图1)。在ZK3表现为由1120~1125 m正高值(+1.5~+2.0)过渡为1130~1165 m的负低值或正低值(-0.3~+0.8)的含水层段。

4.3 新近纪馆陶组与古近纪东营组的界面特征

在ZK2孔中该界面深度为1722.0 m,在ZK3孔中为1710.5 m。在视电阻率测井曲线上,由于有砂砾岩层存在,出现一个视电阻率高值,但由于该层段富含高矿化度热水,使视电阻率高值幅度降低。自然电位曲线出现明显负异常,但由于岩石粒度较粗,故平均值反而有所升高。

由于该层段有含水的砂砾岩层存在,故大地电场岩性测深曲线反映明显,ZK2孔表现为由1680~

1695 m的负低值—正低值(-0.5~0,0~+0.5)的含水层段,迅速升高至1695~1730 m的正高值(+1.5~+2.0)(图2)。ZK3孔在大地岩性测深曲线上反映更为明显,表现为由1660~1670 m的负低值—正低值(-0.5~+0.5)迅速升高至1680~1710 m的正高值(+1.5~+2.0),只是在1715~1725 m处又降为负低值(-0.3~-0.5)(图4)。

5 结论与认识

(1)临清地区第四系、新近纪明化镇组、古近纪东营组含水层多与大地岩性测深的0值及低正值(0.0~+1.0)相对应,而馆陶组含水层与0值或负值(-1.5~0.0)对应。

(2)看视电阻率测井曲线和自然电位曲线及大地电场岩性测深曲线应从一个层段总体上去考查,不要仅注意某一深度处的特征。

(3)大地电场岩性测深曲线是地下多方面因素的反映,如地层固结性、粒度、含水性、地下水的矿化度、破碎程度等,大多数情况下对地层含水性的表现是准确的,但有时受其他因素的干扰,可能得出不准确的结论。如,ZK2处1456.5~1499.6 m的含水层段大地电场岩性测深曲线没能很好地反映;965~1015 m,1105~1110 m,1115~1223 m是没水层段,但在大地电场岩性测深曲线上却是负值。

(4)以往的工作多将大地电场岩性测深工作用于局部地热有利地段选定井位,今后可考虑除对局部地段研究不同深度的含水特征外,还可扩大其探测范围,如考虑在面上布置大地电场岩性测深工作,测点密度1个点/km²~2个点/km²,了解更大范围的热储信息,如热储层顶底板的埋深情况、含水性、热储层厚度变化情况,断裂构造展布、产状等。

(5)根据大地电场岩性测深结果,在临清地区地下埋深2050~2400 m处,有另外一个较厚的含水层段,含多个含水层,总厚度约147 m,该层位相当于古近纪东营组和沙河街组一段。

(6)大地电场岩性测深曲线与自然电位曲线对应较与视电阻率测井曲线对应更为接近。

参考文献:

- [1] 长春地质学院.水文地质工程地质·物探教程[M].北京:地质出版社,1980,73~132.

Contrast Study between the Method of Telluric Electricity Field and Logging Curve in Lithology Sounding of Geothermal Exploration in Linqing City

YANG De - ping , LIU Peng - rui

(Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences , Shandong Jinan 250013 , China)

Abstract : Lithology sounding technology of telluric electricity field is applied in geothermal exploration in Linqing city. It is used to know water - bearing condition in deep reservoir and fix geothermal well level , which have gained good result. Through results contrast between logging and drilling , it is regarded that this method can reflect depth and width of water - bearing layers , which can provide reliable basis for selecting well location. This technology can be used to survey depth and width of reservoir , fault structure location and occurrence regionally.

Key words : Geothermal exploration ; lithology sounding technology of telluric electricity field ; logging ; contrast ; Linqing in Shandong province

(上接第 36 页)

Study on Geological Characteristics and Origin of Conglomerate in Baiyan Formation in Western Shandong

CHEN Xiu - fang¹ , LIU Jin - min²

(1. Shandong Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration , Shandong Jinan 250013 , China ; 2. No. 7 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources , Shandong Linyi 276001 , China)

Abstract : Conglomerate in Baiyan formation distributes in limestone outcropped area in western Shandong which occurring in karstens , karst valleys and karst caves. Chert with good abrasion is the major content in conglomerate , and diamonds are contained in it generally. Its facies , structure and geneses are complicated. Through analysis on characteristics , forming process , time and origin of diamond , it is regarded that there are unfound primary diamonds in Baiyan Area in western Shandong.

Key words : Conglomerate ; chert ; petrology ; diamond ; western Shandong