

电测井在西安地区地热勘察中的应用

孙 连 (河北煤田地质局 第二地质队 邢台 054001)

摘要 文章论述了电测井在西安周围地热勘察中的作用, 根据其物性反映情况来确定热储层的选取及可靠止水位置, 并根据视渗透系数的大小, 结合含水层总有效厚度来评价井的涌水量。文中也简单叙述了地热产生的地质条件及地热田的大致分布, 热水中所含化学组分及其对测井参数的影响。

关键词 视渗透系数 侵入带

作者简介 孙连 男 55岁 1966年毕业于北京矿业学院 高级工程师 从事测井物探

1 西安地区的地热田

近年来陕西关中盆地的地热开发正轰轰烈烈, 尤以西安周围为甚。在西安地区, 地热田分布范围广, 开采厚度大, 又加以西安这个文明古都是世人旅游观光的圣地, 开发前景十分广阔。

1.1 地质概况

西安凹陷属汾渭盆地内次一级构造单元。其南为秦岭山脉, 出露岩性为太古界片麻岩及燕山期侵入岩体。北缘多为风积黄土原, 基底为下古生界岩系。盆地内沉积了巨厚的新生界地层, 第四系厚约126~1350米, 岩性为风积黄土、冲洪积砂砾石、亚粘土、亚砂质粘土、砂和冲湖积中粗砂、细砂、砂土、粘土、含砾粗砂等。第三系厚数千米, 岩性以泥岩为主, 次为细砂岩、含砾中、粗砂岩。基底为震旦系片岩。

1.2 温泉的大致分布

盆地边缘在秦岭山前已有自流温泉, 为历史悠久的骊山“贵妃池”, 临潼疗养院, 周至县楼观台森林公园的热水井等。盆地内近年来已有数十口地热水井, 如西安市内的止园饭店热水井、煤田186队院内热水井、电子城热水井等。另外, 在咸阳市户县、长安县、周至县、眉县等地也开发了不少热水井。

在秦岭山前所开发的温泉, 不论是自然流出的还是人工开凿的, 一般都处在山前深大断裂带内。这里称其为“构造温泉”。其地层岩性为太古界的结晶岩或片岩。盆地内人工开凿的地热水井, 大都埋藏在第三系的砂砾岩中, 这里称其为

“生成温泉”。这部分温泉分布面积广, 开采厚度大, 温度变化范围也较大, 可从45℃~90℃, 便于综合利用。目前已开采的大都在55℃~75℃。

1.3 地热产生的地质条件

整个西安凹陷按其走向大致有两组控制性断层, 一为北东向断层, 它们大都为正断层, 倾角大都在50~80度间, 切割深度大, 为区内的渭河大断裂、临潼—长安大断裂、秦岭山前大断裂等。另

为北北西向断层, 为灞河断层、泾河断层等。这两组断裂目前有的仍在继续活动(图1)。正是由于这些深大断裂的存在, 构成了区内导热的较好通道, 使得地球内部的热量通过这一通道传导到地壳表面的岩层。在盆地内, 其上部沉积了巨厚的新生界地层, 而这些沉积物又以导热较差的粘土、砂质粘土、泥岩、粉砂质泥

岩为主, 形成了一个很好的保温盖层, 使得由地球内部散发出的热量在岩层中得以储集。

地表水经岩层中的裂隙、孔隙渗透到较深的砂砾岩地层中(岩层沉积时所形成的原生水只占极少一部分)得以储集。并被那里的热量所加温,

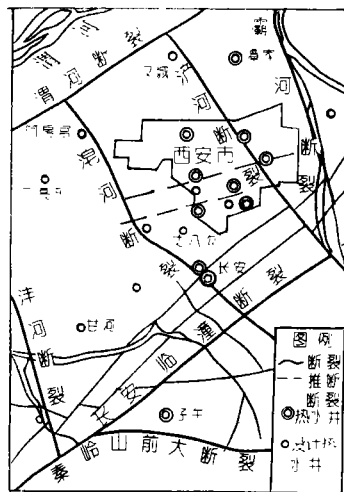


图1 西安地区断裂构造略图

这部分水在经很长路径的渗透运移过程中,溶解了岩层中的某些化学元素和组分,使得这部分水成为矿化水。

2 电测曲线在地热井的特征

测井在西安地区的地热勘察中占据十分重要的地位,因为所有的地热井均为无岩芯钻进,在一个井深 2000 米左右的钻井中只靠捞取 30~40 个岩屑样是远不能反映岩性剖面的,而且岩屑样的准确深度又不易确定。西安地区上第三系地层中砂岩所占百分比只有 15% 左右,因此所捞取的岩屑样大都为泥岩。根本无法确定含水层。在老地层(变质岩)中,岩屑样又都一致,更不能说明富水情况,因此,测井就成了地热井勘察中的必要手段之一。

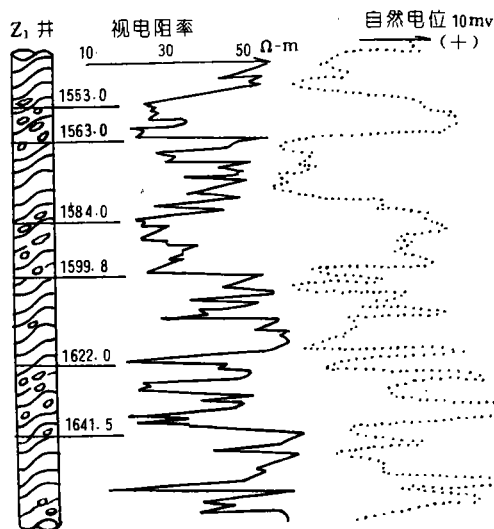


图2 构造地热水在电测曲线上的特征

利用测井曲线解释地层的岩性剖面,划分含水层的准确深度、厚度,结合简易测温成果确定取水层段,给下滤水管提供可靠的资料,并由曲线确定止水位置,以将取水层段与上部各含水层隔开,是成井的关键。

在不同岩性的地层中,电测曲线的特征是不同的,当处于山前老地层断裂带内时,则反映为图2所示。由图2可清楚看出在与低电阻率相对应处,自然电位呈正的高异常值,一般在数十毫伏,反映了在致密岩石的裂隙中,存在有矿化了的地下水。由于以粘土微粒为主的泥浆的侵入,在井周围形成了一个不规则的侵入带,侵入带中的粘

土颗粒具有吸附正电荷的能力。地热水中的 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{++} 、 Mg^{++} 、 Fe^{++} 、 Fe^{+++} 等正离子则被吸附,形成了凡有热水存在的裂隙,在井周围形成了一个由正离子组成的“离子墙”。当测量电极 M 进入含有热水的裂隙段时, M 电极所处电位高于地面泥浆池中的 N 电位,使测得的曲线为图2所示。在电阻率曲线上由于裂隙中热水的存在使得在高阻地层中的电阻率值变低,其幅值与裂隙的大小,富水的情况有关。只要野外测量的技术条件选择合理,就能充分反映裂隙水的变化。在图2中井深 1553.0~1563.0m、1584.0~1599.8m、1622.0~1641.5m 几处都是裂隙较发育的富水地段。而对应的高阻地段,由于岩石致密不含水,所以自然电位也相对变得平直,幅值很低。根据这一特征,结合简易测温,可以判定老地层裂隙中热水的赋存

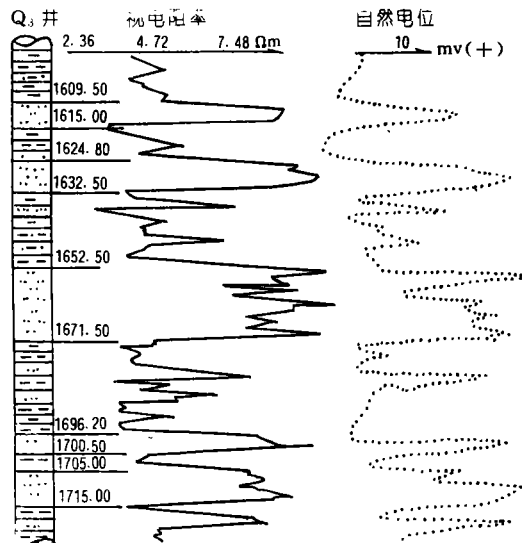


图3 新生界地层地热水在测井曲线上响应

情况。估计成井后的井口出水温度。

在新生界地层中,含水地层为上第三系砂砾岩、砂岩。砂岩本身几乎是不导电的

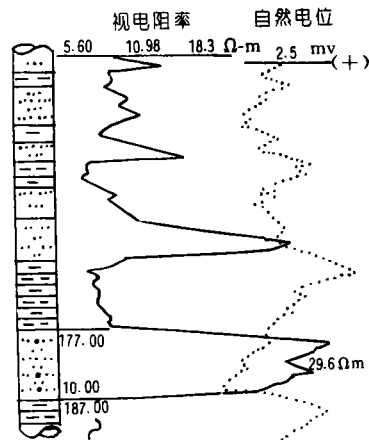


图4 淡水地层到最低位置的电测响应

一般在 $10^1 \sim 10^5$ 欧姆米。造成砂砾岩电阻率低的原因除了井径、泥浆侵入带、围岩等的影响外,其主要原因是砂砾岩孔隙水及孔隙水的化学性质。该区上第三系砂砾岩所含热水中有导电离子存在,这些离子尤以 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{++} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{--} 、 Cl^- 、 SO_4^{--} 为主。在岩层中孔隙、裂隙连通好的情况下,其孔隙、裂隙水处于自由状态。在供电电场的作用下,这些带电离子沿电场方向运动。如果我们保持测量的技术条件(井眼大小、电极系、泥浆性质等)基本不变,则所测电阻率值比正常情况下偏低(正常情况下砂岩电阻率值一般在几十~一百欧姆米)。该区砂砾岩、砂岩电阻率值大都在 10 欧姆米左右。有的甚至还低。只有 3~4 欧姆米(地层水矿化度较高)。图 3 为实测井的一段。在井深 1624.80~1632.50m、1652.50~1671.50m 两处电阻率值分别为 9.44 和 10.38 欧姆米。而在图 5 中(仍为该区第三系地层)井深 177~187m 处电阻率值为 29.6 欧姆米。区内泥岩的电阻率值大都在 3 欧姆米左右,个别的井,由于矿化度较高,低于 3 欧姆米。对于自然电位,由于过滤吸附作用,造成砂砾岩、砂岩地层处积累了较多的正电荷,所以呈正的较高异常值,一般在 15~60 毫伏(图 3)。这与浅层淡水的反映是相反的,浅层淡水的自然电位一般是负值,如图 5 中井深 177~187 米自然电位为负 7.5 毫伏。

由于该区上第三系地层中砂岩厚度与该系地层总厚相比较少,且砂岩体本身的单层厚度大都较薄,多以砂泥岩互层形式出现。一般地热井孔径远大于煤田孔径,就所完工的热水井而言,其热水的矿化度一般在 1300~8000mg/l,其中 Na 离子的含量一般在 266~2400mg/l,Cl 离子的含量一般在 193.9~1223mg/l, HCO_3^- 离子的含量一般在 119.0~932mg/l, SO_4^{--} 离子的含量一般在 199.3~3592.6mg/l。所以水质类型大都为 HCO_3 、 SO_4 、Cl—Na 型水,或 SO_4 、Cl—Na 型水。因此,造成了砂砾岩、砂岩电阻率普遍偏低。为了测

好地热井,在电极系的装置上做了适当改进,使得所测曲线能充分反映含水层,即使是砂泥岩互层,也能明显反映出来。由于用于煤田孔的自然伽玛仪器不耐高温,所以只是利用了电测井,部分井我们采用了横向测井的方法,并且我们定性的引入了一个视渗透系数公式: $\varphi(s) = \Delta\rho_s/\rho_s$,来评价砂岩体的富水情况,公式中 $\varphi(s)$ 为视渗透系数, $\Delta\rho_s$ 为大小极距所测电阻率差值。 ρ_s 为大极距可测电阻率值。

很明显,当大小极距同在泥岩时, $\Delta\rho_s \approx 0$, $\varphi(s) = 0$,在渗透性好的砂岩地层时, $\Delta\rho_s$ 增加,所以 $\varphi(s)$ 也增加,它与观测较好的简易水文观测是有可比性的。能较好的反映地层的渗透性。根据 $\varphi(s)$ 大小所在范围,在本区内可大致评价成井后的涌水量。例如在西安市闫良区(本区为新区,以前没有地热井),我们所施工的一眼地热井,井深 2100 米,第四系 871.40 米,其下为新第三系。在 1228.60 米厚的新第三系地层中,砂岩总厚只有 157.70 米(由测井解释),且多为互层。有效厚度也只有 100 多米。占地层总厚的 12% 左右。电阻率最高值在 5 欧姆米左右。该资料被认为只能获得 20 m^3/h 左右的水量,37~38℃ 左右的水温。因为在它的临区渭南市有一 2500 米的热水井,抽水结果无水。该井按测井结论下管成井,抽水结果为自流井,自流涌水量为 6 m^3/h ,抽水水量为 36.3 m^3/h ,井口出水温度为 51℃。

根据现有的仪器设备情况,只要很好的选择野外的测量技术条件,认真分析,总结测井资料,在该区对施工热水井而言是能起到决定性作用的。

(1996-10-29 收到)

(1996-12-20 改回)