

## 断陷盆地孔隙水的电性特征及其富水性

王俊业<sup>1</sup>, 阎冽鱼<sup>2</sup>

- (1. 山西省水文水资源勘测局, 山西 太原 030001;  
2. 山西省交城县水利水保局, 山西 交城 030500)

**【摘要】** 本文讨论了断陷盆地古河道、洪积扇、黄土台塬等不同水文地质单元的电性特征及富水性。对同类地区的地下水资源评价及开发有参考意义。

**【关键词】** 断陷盆地; 电性特征; 富水性

在断陷盆地, 常常堆积有巨厚的中、新生代地层, 为地下水的储存提供了有利条件。由于山边细流、冲沟、山坡与山间河流携入的物质, 产生了一套河湖相堆积, 断陷盆地特有的地理环境, 在电测图上形成明显的电性特征。

在此类地区的地下水资源调查与评价中, 借助物探方法查清河流故道、古河道、山间河流的冲积扇、山边洪积扇等发育规律, 掌握其富水特征, 是水资源评价和开发利用的主要内容之一。

本文通过实例, 和读者共同探讨在一般的山间盆地堆积环境中, 孔隙水的电性特征及其富水规律。

### 1 河流故道浅层高阻段

河流故道在电阻率测深曲线上反映为KH或KQ型。曲线前支为很突出的高阻段, 而中、尾部又反映出下降斜率较大的低阻段, 与前支相比, 电阻率值相差几~十几倍。其特征表明, 由于盆地开阔, 河流在盆地中蜿蜒曲流, 摆动频繁。因此, 较粗的砂砾石层底板埋深较浅(一般小于20m)。其电测深曲线的一般特征如图1所示。在平面上反映为浅层高阻带。

据电测深曲线特征, 可确定河流故道在平面上的路径。地下水的开发利用, 可重点在由曲线确定的砂砾石层底板之上, 单位涌水量一般为5~10t/h·m。

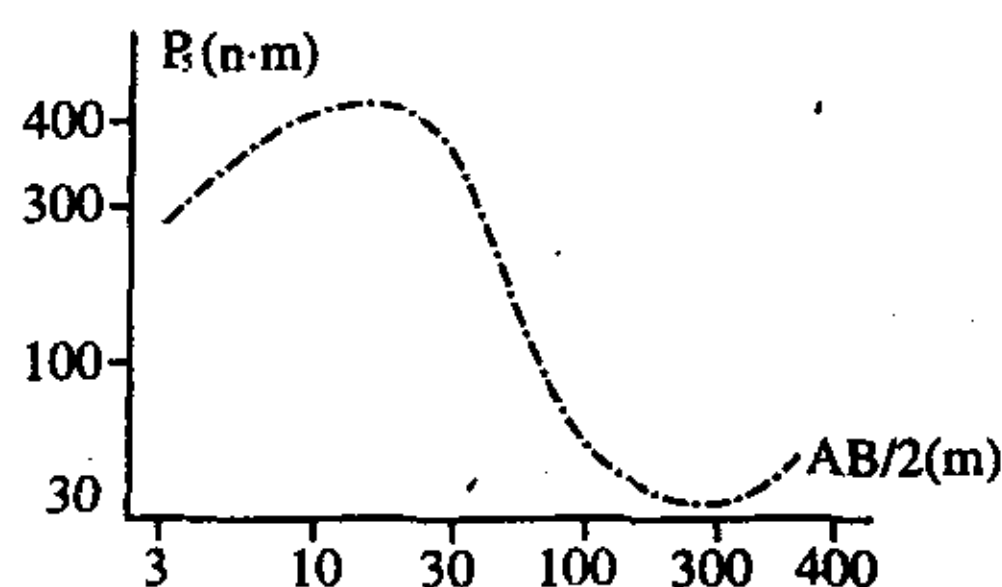


图1 河流故道上 $\rho_s$ 曲线

### 2 古河道“V”型高阻带

古河道是断陷盆地较好的富水部位, 因此, 用物探方法寻找古河道, 是断陷盆地地下水资源详查中的主要工作内容之一。

如图2所示, 古河道的电阻率剖面特征是“V”字形高阻带, 在高阻带内包含有较突出的高阻闭合圈, 为古河道的中心部位。在“V”字型高阻带的两侧及底部, 呈现为比较均匀的低阻线条, 为粘土类或河湖相细粒沉积层的反映整个形态, 既表现出古河道在盆地内摆动频繁, 因而使河床加宽的发育过程, 也反映了整个河流段处于相对上升部位。河道下切作用加剧的沉积历史。

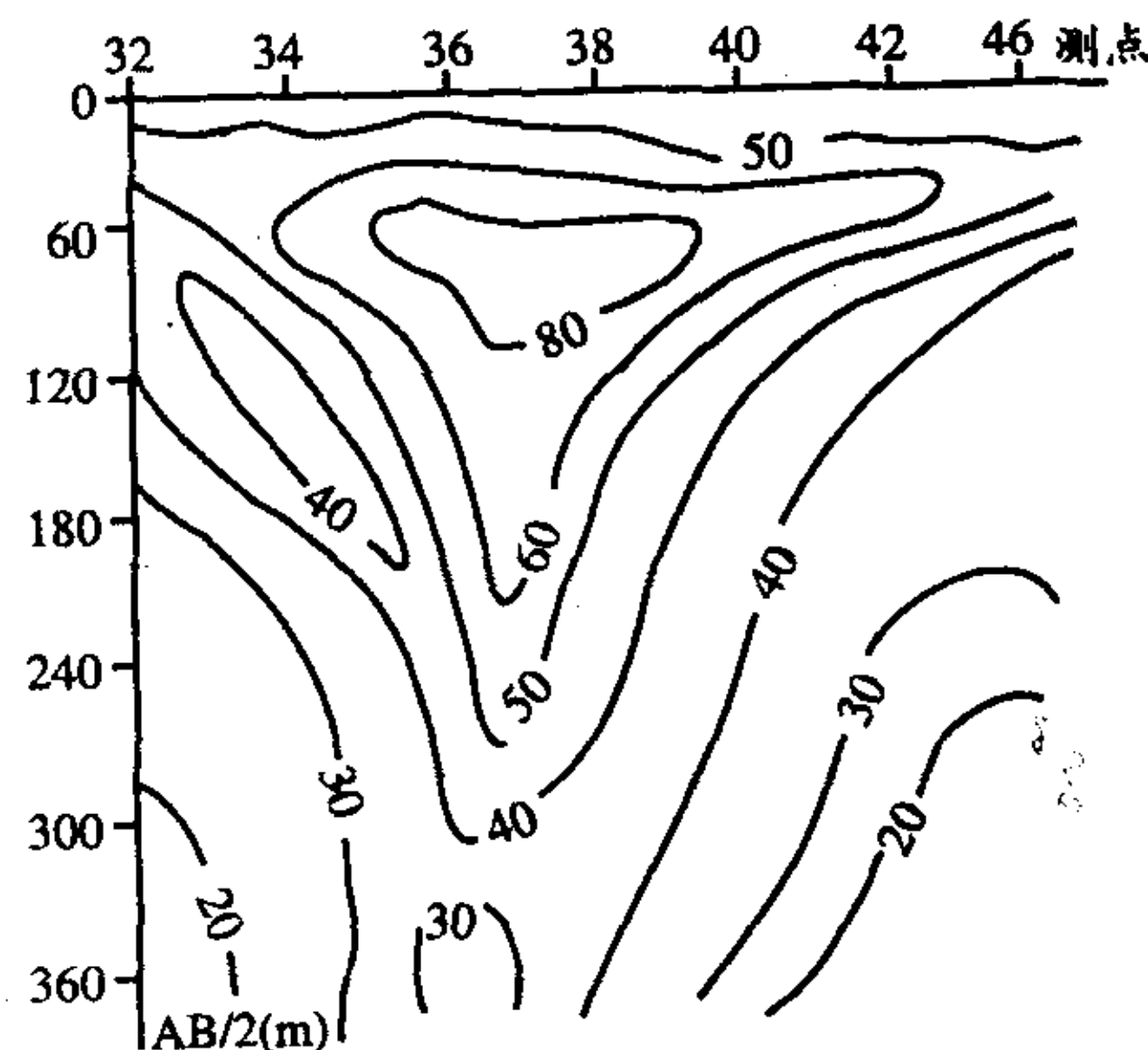


图2 反映古河道的V型高阻带

将上述特征的各剖面相连, 即可圈定古河道在水平方向上的发育形态, 由剖面上的高阻带可知, 古河道砂层厚度大, 颗粒粗, 是地下水的主要贮存部位, 经凿井后, 单位涌水量一般均大于5t/h·m。在河道中部, 单位涌水量大于10t/h·m。

### 3 河流上游舌状高阻带

山间河流在进入盆地时, 由于沟谷较宽, 出山口处形成以河流冲积为主的冲积层, 其形态似“舌”状在垂直发育方向的电测剖面上表现为垂向延伸的高阻条带, 在平面上的电性反映为“舌”状高阻带(如图3所示)。由于地势所致, 河流古河道在出口处摆动较小, 在断面上未形成象中、下游那样的“V”形高阻带含水岩性以厚层砂砾石为主。



在“舌”状高阻带上,由于沉积集中,水流集中,因此,在平面上据“舌”状高阻带圈定的富水带,当有一定范围补给面积时,单位涌水量一般均在  $10\text{t/h} \cdot \text{m}$  以上。

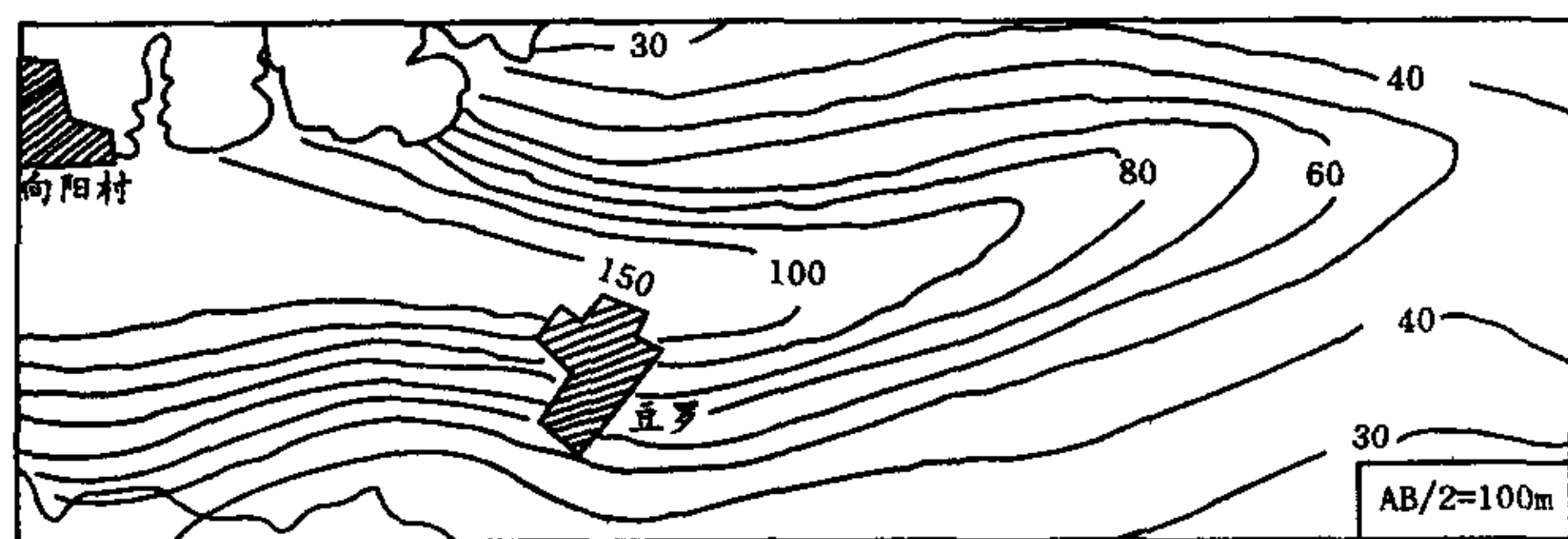


图3 河流上游高阻带

#### 4 洪积扇裙高阻群

在山前小冲沟,小沟谷前,形成了小的洪积扇群,反映在电阻率平面图上为高阻群,如图4所示。

由图4可以确定每个洪积扇的发育范围和扇间洼地。整个洪积扇裙上的富水性是极不均匀的,即扇轴部相对富水,而扇边缘和扇间洼地为弱含水区。

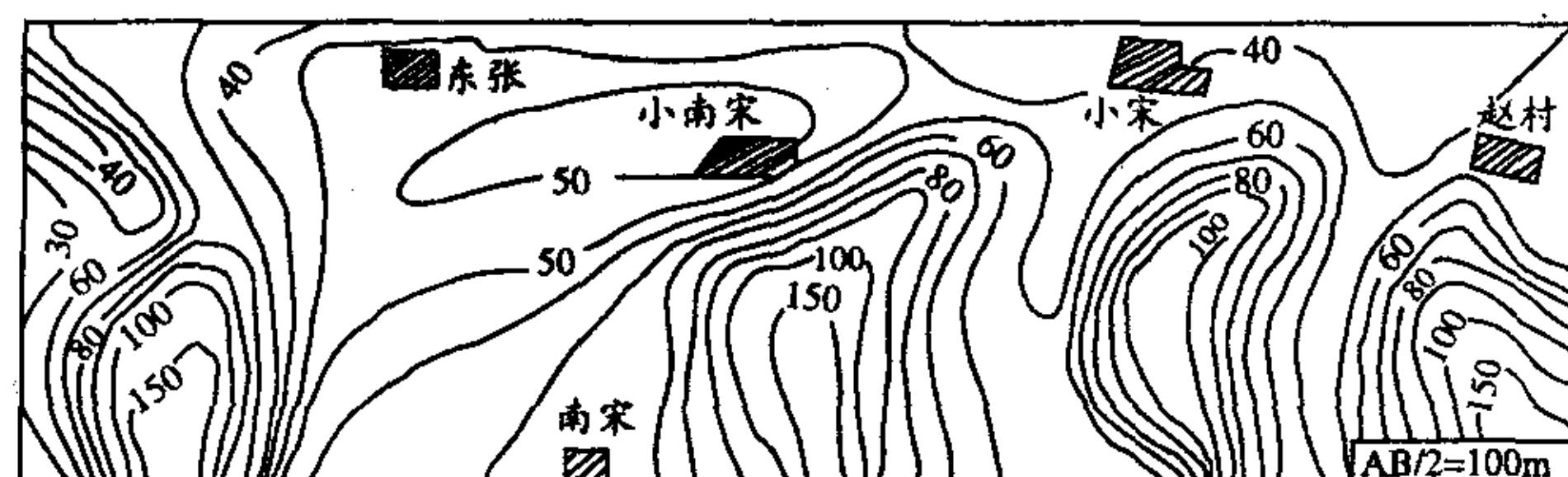


图4 洪积扇裙高阻群

图5反映了洪积扇在垂直方向上发育的特征。可见,以扇轴部为中心的高阻带向两侧收敛,在每两个高阻带间均有反映扇间洼地粘土类岩性的低阻带。将洪积扇裙在水平、垂向上的电性特征结合起来,既可较准确地圈定可开采水源的部位,还可大致确定主要含水层的底界面。

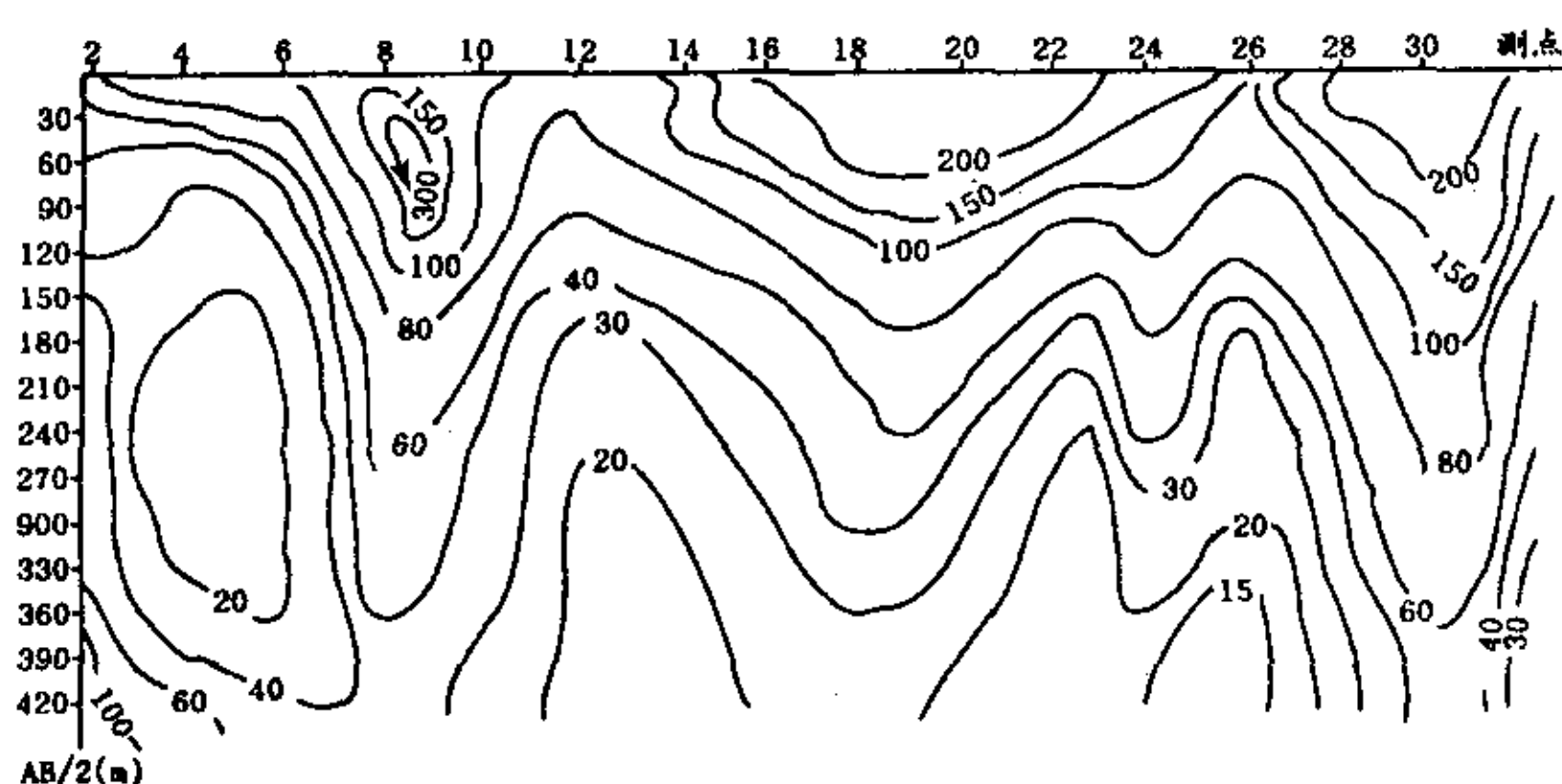


图5 洪积扇裙  $\rho_s$  断面特征

#### 5 洪积扇高阻带

在断陷盆地,由于有利的地势,常有大的洪积扇形成。其含水岩性以粗颗粒的洪积物为主,是盆地内主要的地下水贮存部位。

洪积扇的电阻率分布,在平面上类似于洪积扇裙中扇的特征,但其规模及范围远大于前者,而且向两

侧有较大的扩展。如果测点较少(如1:5万的测网),难以描绘出扇部“鸡爪”状的高阻形态,但可以较准确地确定洪积扇在平面上展布范围。

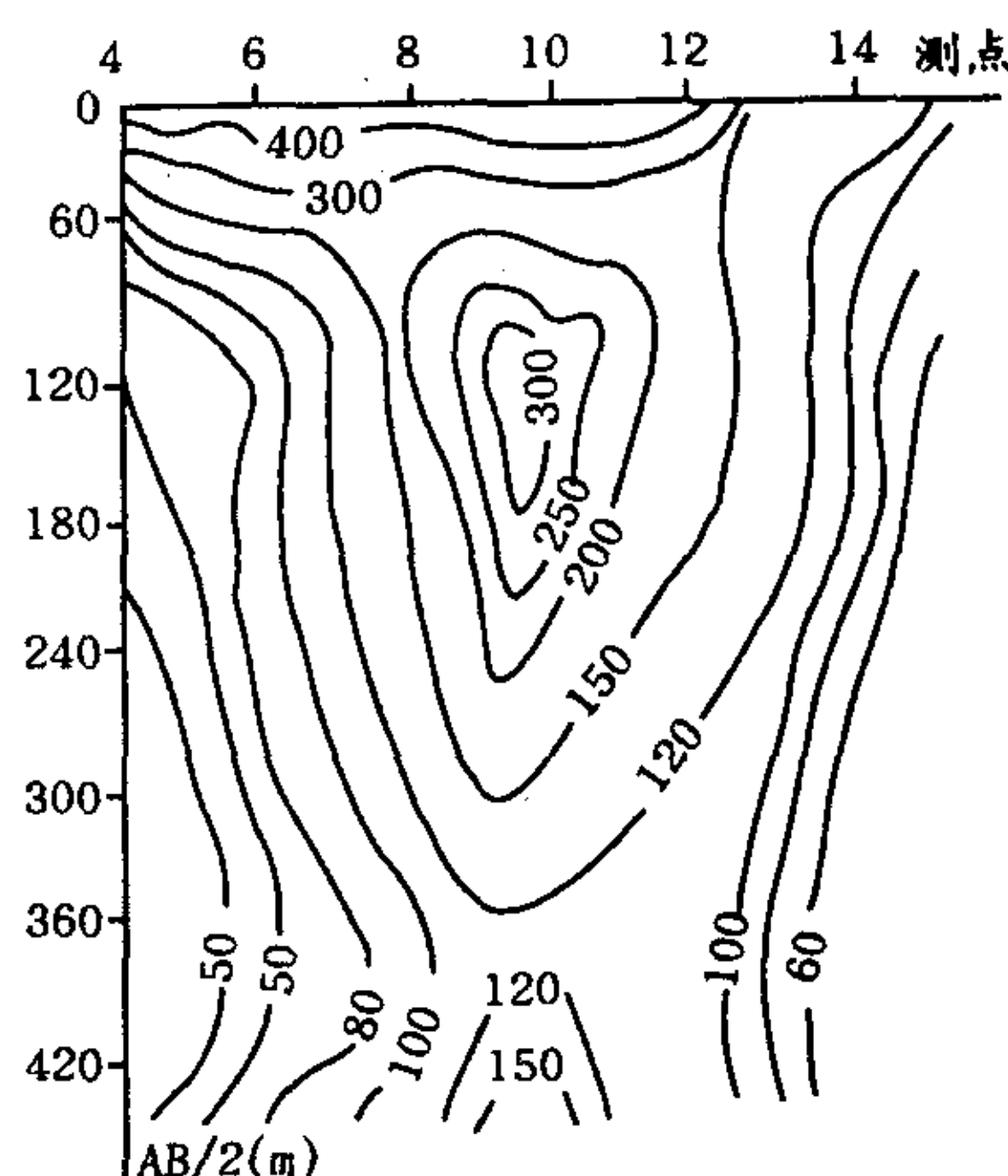


图6 洪积扇横断面  $\rho_2$  高阻带

图6是垂直于洪积扇发育方向的  $\rho_2$  断面图。 $\rho_2 > 100\Omega \cdot \text{M}$  的高阻带向下延伸,与洪积扇裙的断面形态相比,不仅高阻带向下延伸深度大,而且等值线下延斜率远远大于前者。扇间与扇部电阻率值相差一半以上。

上述电性特征反映了洪积扇扇部洪积物厚度大,垂向切割深度也大的规律。大量资料表明,在扇部凿井,单位涌水量一般大于  $10\text{t/h} \cdot \text{m}$ 。含水岩性为砂砾石、卵砾石。

#### 6 黄土塬低阻区

在断陷盆地,台原型黄土塬常分布于山前地带,与山前倾斜平原相衔接。

黄土成分主要由亚粘土、亚砂土组成。因此,反映电阻率值一般在  $20\Omega \cdot \text{M}$  以下。

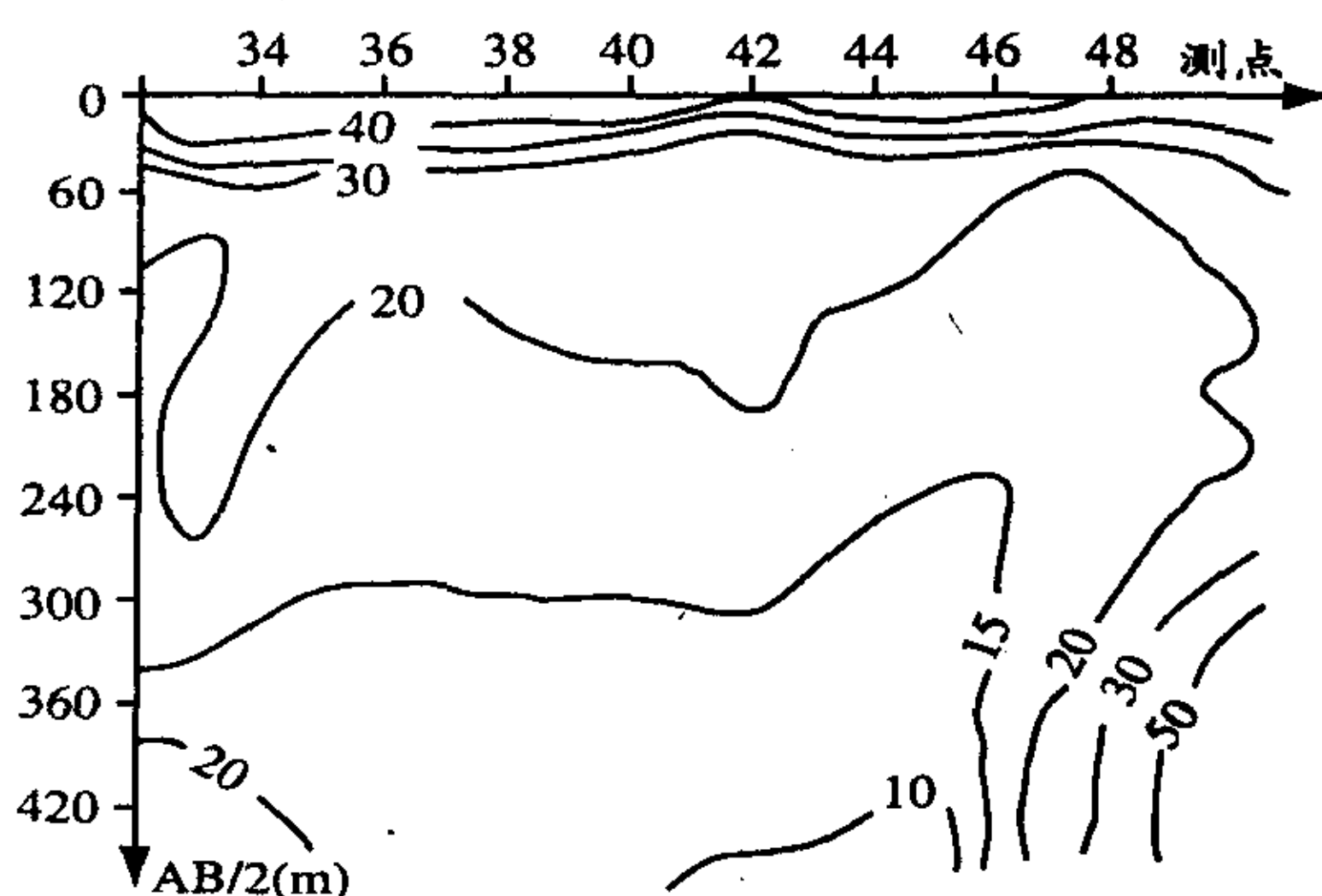


图7 黄土源弱含水低阻断面

图7在山前黄土塬上的电阻率断面图(垂直延伸方向)。由图可知,除浅部有一些水平成层的高阻层外,中、下部电阻率值均小于  $30\Omega \cdot \text{M}$ , (下转第201页)



点,如图9所示。在平面上有四个等流量的汇点工作,使得相互垂直的不透水边界仍然保持原来条件不变。

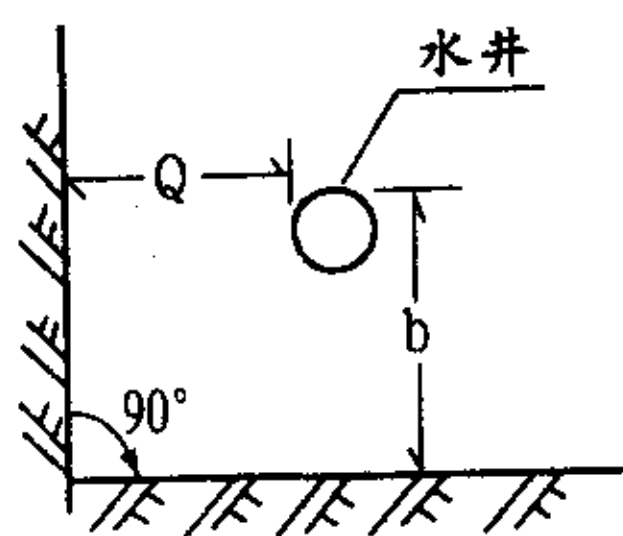


图8 完全井位置

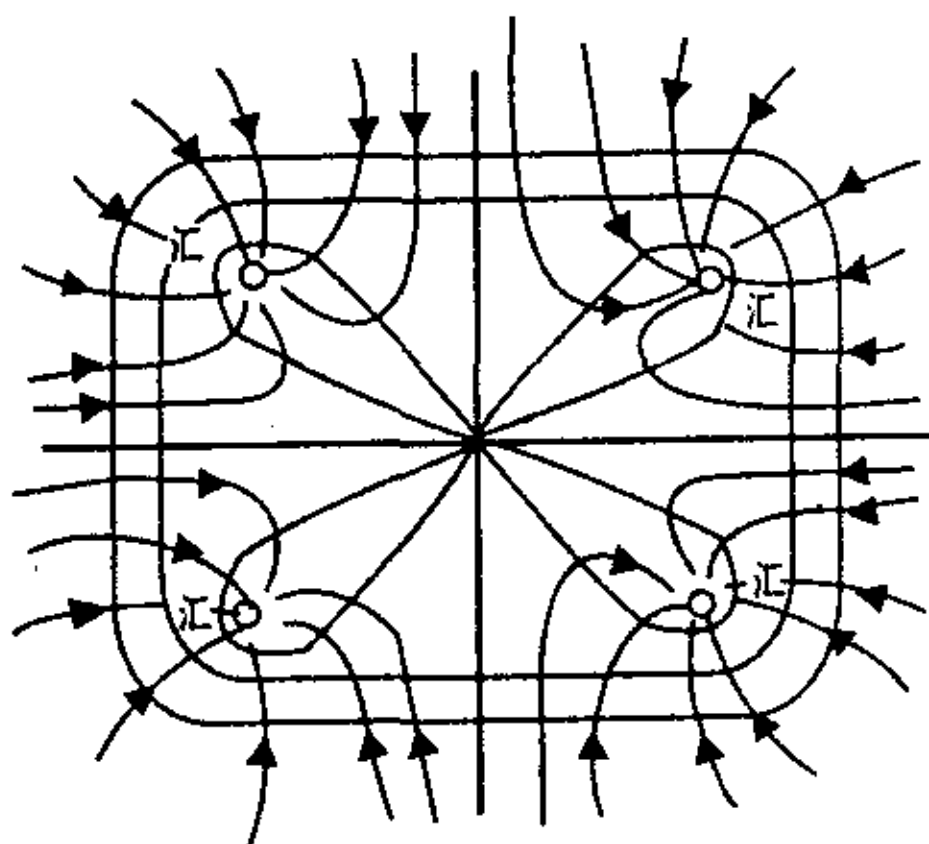


图9 平面上四个点的流网图

水平向汇点间距 $2a$ ,垂直向汇点间距 $2b$ , $y$ 轴上各点合成速度的方向沿 $y$ 轴轴向, $x$ 轴上各点合成速度方向沿 $x$ 轴轴向,可见水流不能穿过 $x$ 轴、 $y$ 轴,所以 $y$ 轴与 $x$ 轴看作隔水边缘符合原来条件的。

$M$ 点在平面上四个汇点作用下,具有的势:

$$\varphi_{M1} = \frac{q}{2\pi} \ln r_1 + C_1$$

$$\varphi_{M2} = \frac{q}{2\pi} \ln r_2 + C_2$$

$$\varphi_{M3} = \frac{q}{2\pi} \ln r_3 + C_3$$

$$\varphi_{M4} = \frac{q}{2\pi} \ln r_4 + C_4$$

故 $M$ 点具有的势:

$$\varphi_M = \varphi_{M1} + \varphi_{M2} + \varphi_{M3} + \varphi_{M4}$$

$$= \frac{q}{2\pi} \ln(r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \cdot r_4) + C \quad (23)$$

并用上述同样的方法可求出:

(上接第193页) 大部分在 $10 \sim 20 \Omega \cdot M$ 之间;因此,等值线稀疏,表现出较大的空白区,据山西忻州市资料,浅部高阻层反映水位以上 $Q_3$ 干黄土及 $Q_2$ 亚砂土、亚粘土,含水岩性一般为薄层细砂、粉砂,单位涌水量小于 $3t/h \cdot m$ ,属山间盆地的贫水区或弱含水区。

在断陷盆地,凡电阻率小于 $20 \Omega \cdot M$ 的区域,如扇间洼地,河间地块等,都无较好的含水砂砾石层,电阻率在断面上的分布特征类似于图7,属贫水或弱含水区。

## 7 结语

由于盆地大小、所处地势高低、沉积物厚薄、基底

$$\varphi_k - \varphi_c = \frac{q}{2\pi} [\ln R^4 - \ln(8r_0 ab \sqrt{a^2 + b^2})]$$

$$q = \frac{2\pi(\varphi_k - \varphi_c)}{\ln \frac{R^4}{8r_0 \cdot ab \sqrt{a^2 + b^2}}}$$

则承压完全井涌水量:

$$q = \frac{2\pi KM(H - h_0)}{\ln \frac{R^4}{8r_0 ab \sqrt{a^2 + b^2}}}$$

同理位于相互垂直的不透水边界附近的无压完全井涌水量:

$$Q = \frac{2\pi(Q_k - k_c)}{\ln \frac{R^4}{8r_0 ab \sqrt{a^2 + b^2}}} = \frac{2\pi(\frac{1}{2}KH^2 - Kh_0^2)}{\ln \frac{R^4}{8r_0 ab \sqrt{a^2 + b^2}}} \quad (25)$$

## 4 结论

用映射法解得不同边界条件下的有压、无压完全井的涌水量公式,概念清晰、计算方便,在应用公式时,其适用条件为:

- 1) 地下水流动处于稳定,呈层流的缓变流,且属于无旋流,即平面势流。
- 2) 地下水的流动服从直线渗流定律。
- 3) 地下水含水层是均质的,其渗透性各向是同性的。这一假定与实际不尽相符,因为分层土壤中垂直方向比水平方向的渗透性小。

## [参考文献]

- [1]冯尚友. 水资源系统工程. 湖北科学技术出版社, 1991.
- [2]陈雨孙. 地下水运动与资源评价. 中国建筑工业出版社, 1986.
- [3]水力学(上下册). 清华大学编. 人民教育出版社, 1982.
- [4]李诗久. 工程流体力学. 机械工业出版社, 1982.
- [5]工程数学复变函数. 西安交通大学编. 高等教育出版社, 1983.

隔水性等不同,各盆地间的水文地质条件是有差异的。以上实例,均以沉积厚度大(达几百米),基底是隔水岩性为前提。

在断陷盆地,各个水文地质单元的富水性有较大差异,因此,仔细研究每个单元的电性特征,确定含水岩性在水平及垂直方向上的分布规律,为地下水资源计算和评价提供依据,是不可缺少的工作。

同在其它地区的水文物探一样,用电性参数评价富水性,必须与当地的水文地质资料紧密结合,并作一定数量的相关统计分析,只有这样,才能减少评价误差。