

灰色关联度在电探找水中的应用

铁道部第二勘测设计院 常聚友

应用灰色关联度计算方法,把在第四纪地层中找水的实测电测深曲线进行分析对比,可定量地确定出最佳孔(井)位,使其布置一孔就满足了需水量要求。

在第四纪地层中找水,常用的物探方法是直流电法中的四极电测深法,所做的电测深曲线是采用常规的量板法解释,这样只能是半定性地判断出地下水的富集地段,而不能定量地确定出地下水富集的最佳位置。

采用灰色关联度计算方法,可以解决上述常规解释方法不能解决的问题。

所谓灰色是指部分信息已知,部分信息未知的信息量,而关联是指曲线间几何形状的差别,关联度是指各个时刻关联系数集中的一个值。即对于一个参考数列 x_0 。有好几个比较数列 x_1, x_2, \dots, x_n 的情况,可以用下述关系表示各比较曲线与参考曲线在各点(时刻)的差。

$$\xi_i(k) = \frac{\min \min |x_0(k) - x_i(k)| + 0.5 \max \max |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + 0.5 \max \max |x_0(k) - x_i(k)|} \quad (1)$$

式中 $\xi_i(k)$ 是第 k 个时刻比较曲线 x_i 与参考曲线 x_0 的相对差值,这种形式的相对差值称为 x_i 对 x_0 在 k 时刻的关联系数。

上式中 0.5 是分辨系数,记为 ξ ,一般在 0 与 1 之间选取;

$\min \min |x_0(k) - x_i(k)|$ 为两级的最小差

$\max \max |x_0(k) - x_i(k)|$ 为两级的最大差

这时关联系数的数很多,信息分散,不便于比较,为此必须求出各个时刻关联系数集中的一个值,即关联度

$$r_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \xi_i(k) \quad (2)$$

关联度数值越大,说明与参考数列 x_0 越接近,实例:

新建铁路广(通)大(理)线的沐滂车站需用水量 120T/日,经勘测供水井位选在沐滂车站北侧的老张营村与季伍营村之间长 960m 宽 600m 范围的种植田内,并布置点线距为 15 × 30m 的四极对称电测深物探工作,其 $\frac{AB}{2} \max = 200m$,见图 1 电探布置平面图。

测区内地形平坦,相对高差为 1m,地表有水塘及浅机井(深度 10m 左右),天旱时均无水,可见找水应找较深部的地下水;而所做电测深曲线多呈 KQ、QQ 型,用量板法解释只能达到半定量,为此采用灰色关联度原理对电测深曲线进行计算、分析、对比,其目的想提高电

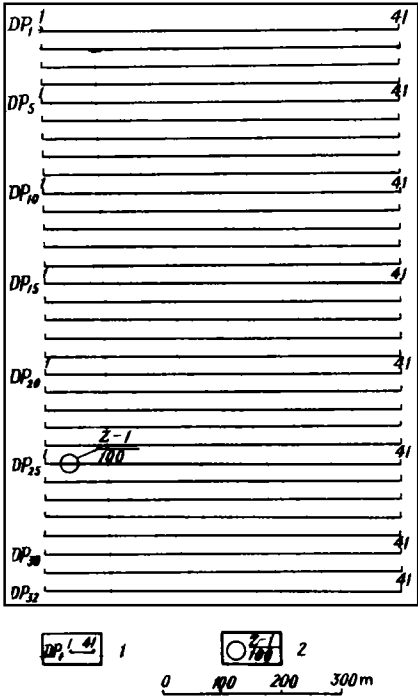


图 1 电探布置平面图

- 1. 电探剖面及测点编号
- 2. 电探布置的孔位 编号/孔深

表 1 参考电测深曲线 x_0 值

$\frac{AB}{2}(\text{m})$	15	20	30	50	70	100	150	200
$\rho_{s\max}(\Omega\text{M})$	40	46	45	45	44	40	34	34

比较电测深曲线 x_0 的确定

测区内共有 32 条电探剖面(每条剖面中有 41 个电测深测点),这样在每一条电探剖面的 ρ_s 断面中定性选取 ρ_s 电阻率等值线最高,并且其高值范围最宽、延深最长的中间某条电测深曲线定为此条电探剖面的比较电测深曲线 x_0 。

灰色关联度计算

首先由表 1、表 2 数据进行数列初值化处理,即用每一个数列的第一个数 $x_i(1)$ 除其它 $x_i(k)$,然后根据上述(1)、(2)公式进行计算分别求出 y_i 值。

以 DP1—18 电测深曲线计算为例,令 DP1—18 为 x_1 ;

第一步求数列初值化

$$\begin{aligned}x_0 &= (\frac{40}{40}, \frac{46}{40}, \frac{45}{40}, \frac{45}{40}, \frac{44}{40}, \frac{40}{40}, \frac{34}{40}, \frac{34}{40}) \\&= (1, 1.15, 1.125, 1.125, 1.1, 1, 0.85, 0.85) \\x_1 &= (\frac{28}{28}, \frac{29}{28}, \frac{26}{28}, \frac{25}{28}, \frac{26}{28}, \frac{23}{28}, \frac{22}{28}, \frac{21}{28})\end{aligned}$$

测深曲线的定量解释精度,而这时首要的问题是如何选取参考数列 x_0 。

参考电测深曲线 x_0 的选取

根据地质调查测区内及测区周围没有任何钻孔及基岩出露可做物性参数测定;由区域地质分析第四纪覆盖层较厚(大于 70m)属湖相沉积物,基岩为砂页岩;由此结合物性特征分析,砂页岩呈低阻,而第四纪覆盖层的湖相沉积物中含有中、细砂呈高阻,而地下水储蓄于中、细砂中,其背景值也呈高阻出现,这样找水就是找电阻率为高值的地段,那么这个高阻如何确定呢?即通过统计在测区内的 1312 个电测深曲线中,按不同极距分别选出其极距中 ρ_s 值为最高的 $\rho_{s\max}$ 值,就定为 x_0 的值,见表 1 参考电测深曲线 x_0 值。

$= (1, 1.035, 0.928, 0.893, 0.929, 0.821, 0.786, 0.75)$

表 2 比较电测深曲线 x_N 值

<div>AB/2</div> <div>编号</div> <div>ρ_s</div>	15	20	30	50	70	100	150	200
DP1-18	28	29	26	25	26	23	22	21
DP2-3	30	32	30	24	26	22	20	19
DP3-36	28	28	26	23	24	22	18	18
DP4-5	32	37	32	28	31	22	21	18
DP5-34	36	27	21	24	29	25	22	19
DP6-3	30	31	30	31	31	27	22	19
DP7-15	28	27	31	36	26	22	18	16
DP8-8	31	45	33	31	33	25	20	20
DP9-4	28	29	29	31	37	26	24	19
DP10-9	23	24	27	30	32	28	24	20
DP11-39	38	36	35	34	26	27	21	20
DP12-2	28	27	33	35	29	24	21	17
DP13-5	30	27	30	33	27	25	24	20
DP14-10	26	33	31	37	44	28	22	21
DP15-12	35	35	35	39	35	32	23	19
DP16-5	24	22	33	34	41	30	24	21

<div>AB/2</div> <div>编号</div> <div>δ_s</div>	15	20	30	50	70	100	150	200
DP17-34	37	42	42	31	32	24	18	17
DP18-5	40	36	41	36	30	34	29	27
DP19-5	23	26	32	36	30	40	30	22
DP20-4	35	25	31	39	41	32	25	18
DP21-3	22	25	29	40	44	34	32	28
DP22-4	21	27	35	39	39	33	27	21
DP23-30	30	39	45	42	36	40	27	25
DP24-3	18	20	23	30	31	31	28	27
DP25-3	39	42	38	34	35	35	34	34
DP26-1	39	39	40	39	36	35	32	29
DP27-5	27	37	38	37	33	31	31	25
DP28-8	30	46	41	39	34	32	30	28
DP29-6	32	39	36	41	35	28	25	25
DP30-5	21	28	35	36	35	32	27	26
DP31-8	39	37	30	36	38	28	30	25
DP32-10	33	33	35	31	30	31	31	32

第二步求 $|x_0(k)-x_i(k)|$ 差值

$|x_0(k)-x_1(k)|=(0,0.115,0.197,0.232,0.171,0.179,0.064,0.1)$

其中 $\min |x_0(1)-x_1(1)|=0$

$\max |x_0(1)-x_1(1)|=0.232$

次求出其余 31 条电测深曲线的 $|x_0(k)-x_i(k)|$ 的差,并求各自曲线的一级最小差 $\min |x_0(k)-x_i(k)|$ 和一级最大差 $\max |x_0(k)-x_i(k)|$,最后在一级最小差,一级最大差基础上求出两级最小差为 $\min \min |x_0(k)-x_i(k)|=0$ 两级最大差为 $\max \max |x_0(k)-x_i(k)|=0.757$ 。

第三步求关联系数 ξ_i

按 x_1 计算出的差值计算不同时刻的关联系数,有

$$\xi_i(1)=\frac{0+0.5\times0.757}{0+0.5\times0.757}=1$$
$$\xi_i(2)=\frac{0+0.5\times0.757}{0.115+0.5\times0.757}=0.767$$

$$\begin{aligned}\xi_1(3) &= \frac{0+0.5\times0.757}{0.197+0.5\times0.757}=0.658 \\ \xi_1(4) &= \frac{0+0.5\times0.757}{0.232+0.5\times0.757}=0.620 \\ \xi_1(5) &= \frac{0+0.5\times0.757}{0.171+0.5\times0.757}=0.689 \\ \xi_1(6) &= \frac{0+0.5\times0.757}{0.179+0.5\times0.757}=0.680 \\ \xi_1(7) &= \frac{0+0.5\times0.757}{0.064+0.5\times0.757}=0.855 \\ \xi_1(8) &= \frac{0+0.5\times0.757}{0.1+0.5\times0.757}=0.791\end{aligned}$$

第四步计算关联度 r_i

曲线 x_i 与曲线 x_0 的关联度为

$$\begin{aligned}r_i &= \frac{1}{8} \sum_{k=1}^8 \xi_1(k) \\ &= \frac{1}{8} [\xi_1(1)+\xi_1(2)+\xi_1(3)+\xi_1(4)+\xi_1(5)+\xi_1(6)+\xi_1(7)+\xi_1(8)] \\ &= \frac{1}{8} [1+0.767+0.658+0.620+0.689+0.680+0.855+0.791] \\ &= 0.758\end{aligned}$$

重复上述步骤,可计算出其余 31 条电测深曲线分别与 x_0 参考曲线的关联度 r_i 值,见表 3 灰色关联度 r_i 值。

表 3 灰色关联度 r_i 值

编 号	r_i	编 号	r_i	编 号	r_i
DP1—18	0.758	DP12—2	0.764	DP23—30	0.745
DP2—3	0.703	DP13—5	0.767	DP24—3	0.546
DP3—36	0.683	DP14—10	0.783	DP25—3	0.810
DP4—5	0.732	DP15—12	0.780	DP26—1	0.806
DP5—34	0.577	DP16—5	0.677	DP27—5	0.643
DP6—3	0.794	DP17—34	0.705	DP28—8	0.761
DP7—15	0.728	DP18—5	0.711	DP29—6	0.760
DP8—8	0.755	DP19—5	0.652	DP30—5	0.532
DP9—4	0.708	DP20—4	0.746	DP31—8	0.701
DP10—9	0.769	DP21—3	0.568	DP32—10	0.791
DP11—39	0.632	DP22—4	0.550		

钻孔的布置

由表 3 分析 DP25—3 的关联度 $r=0.810$ 值最大,说明其位置在一定深度上含中、细砂

最多,即含水量最大,依次是 DP26—1 的关联度 $r=0.806$ 值较大,说明此位置在一定深度上含中、细砂也较多,即含水量也较大。因此选取 DP25—3 位置定为沐滂车站供水水源孔位,见图(1)所示,经钻探终孔 100.18m 验证,岩性为:0—32.44m 含砾粉质粘土,32.44—80.56m 含砾砂质粘土,80.56—88.03m 粘土,88—91.76m 粉砂质粘土,91.76—100.18m 粘土含砾砂(粉)质粘土层是含水层,经抽水试验出水量为 531T/日,使其布置一孔就满足了需水量要求。

结论

应用灰色关联度在第四纪地层电探找水中确定出最佳孔(井)位,已初步体会到能够从众多的电测深曲线中定量地确定出代表含水量最多的某条电测深曲线。

这次选取比较电测深曲线是在一条电探剖面中先定性选取含水因素最大的某条电测深曲线(这样人为因素有影响),其中 32 条电探剖面中共选取了 32 条电测深曲线进行灰色关联度计算;如果整个测区的 1312 条电测深曲线都作为比较电测深曲线进行灰色关联度计算,这样布孔(井)的准确性会更高。



准高速列车综合试验开始

1994 年 3 月中旬,在铁道部科学研究院东郊环行铁道试验基地进行的铁路准高速列车综合试验拉开了序幕。为期 70 多天的试验,将首次进行旅客列车时速 180km 的运行。试验不仅关系年底广深线准高速列车的正式开行,还关系我国高速铁路的顺利起步和发展。

在铁路 20 多家参试单位的共同努力下,截至 4 月 9 日,准高速列车综合试验准备阶段的各项任务顺利完成。参试人员完成了对东风 11 型 1 号机车 TVM300 的恢复、调试及单车制动静置鉴定试验和客车车辆的制动静效率测试及准高速轨检车的首次准高速运行、轨道检测等试验。试验的结果,线路和机车车辆情况良好。与此同时,准高速综合试验单项科技攻关设备安装、静置与动态调试也全部结束。试验准备阶段各项任务的完成,为环线准高速列车综合试验进入全方位时速 180km 重车牵引运行试验做好了准备。