

基岩裂隙水钻孔简易水文地质曲线解释方法

辽宁省地质局第二水文地质大队 范家爵 沙桂芝

为利用钻孔冲洗液消耗量及提钻后水位观测资料了解含水层(带)的位置、水位及水量情况,我们研究了大量的实际资料,从中发现了一些普遍规律,对这些规律进行了初步的理论分析,并应用于工作实践,取得了较好的效果。

理论分析

把钻进过程中的冲洗液消耗量 Q 看作是动水位保持在孔口处的注水量,此时有。

$$Q = qLS \quad (1)$$

式中: q 为单位吸水量; L 为试验段长度; S 为水头抬高, $S=H_0$ (H_0 为静止水位埋深)

在隔水层中钻进时, $Q=0$ 。穿过含水层上限 L_1 后,若 q 、 H_0 值不变,则 Q 与 L 成正比, Q 随 L 的增加而增大;孔深达到含水层下限 L_2 时,试验段达到最大值 $L=L_{\max}=M$ (M 为含水层厚度), Q 达到最大值 $Q=Q_{\max}$ 。穿过深度 L_2 以后,若透水裂隙能被岩粉逐渐堵塞,则 Q 随 L 的加大而逐渐变小,直至 $Q=0$ 。因此,在水文地质柱状图上,曲线 $Q=f(L)$ 为向右突起的三角形(图1),上部出现 $Q>0$ 处深度为 L_1 ,中部 $Q=Q_{\max}$ 处深度为 L_2 。

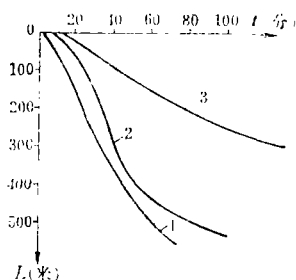


图1 $Q=f(L)$ 、 $H=f(L)$ 理论曲线类型图

当含水层厚度较大或冲洗液含泥质较多时,含水层尚未穿过,其上部透水裂隙即可被封闭。此时,可以近似地认为,只有孔底以上有长度为 $L_{\max}$ 的孔段透水,其余孔段不透水, Q 不随孔深 L 的增加而增大, $Q=Q_{\max}$ 为定值,穿过 L_2 后的情况与前述相同,此时的 $Q=f(L)$ 曲线为梯形。 Q 开始变小处的深度为 L_2 。

对提钻后水位埋深 H 作如下分析。

在隔水层中钻进时,提钻前, $H=0$,钻杆、钻具和冲洗液占据了整个钻孔空间;当钻杆、钻具提出后,水位 H_2 以上无水的钻孔体积等于原孔内钻杆、钻具的体积,即

$$\pi r^2 H_2 = \pi r_0^2 L$$

$$H_2 = \left(\frac{r_0}{r} \right)^2 L \quad (2)$$

故 $H_2=f(L)$ 为一直线,其斜率 $a=\left(\frac{r_0}{r}\right)^2$ 。

式中: r_0 为钻杆、钻具引用半径, $r_0=\left[\frac{(D^2-d_0^2)}{4}\right]^{\frac{1}{2}}$

r 为钻孔半径, D 为钻杆、钻具平均外径, d_0 为钻杆、钻具平均内径

若以钻杆内外径代替钻杆、钻具平均内外径,以钻头直径代替钻孔直径,求得 a 的理论值如表1。

表1 a 的理论值表

钻杆外径 (毫米)	钻杆内径 (毫米)	钻头直径 (毫米)	a 值
42	32	91	0.089
		110	0.061
50	39	110	0.081
		130	0.058
		150	0.044
60	48	110	0.107
		130	0.077
		150	0.058
80	69	150	0.141
		172	0.107
		219	0.066
		273	0.042
		325	0.030

钻孔穿入含水层后,若在极短的瞬间提出钻具并测得水位 H ,则 $H=H_2$ 。实际上从停钻到测得水位需经过一段时间 t (t 可取为与孔深 L 成正比见图2,即 $t=\alpha L$),在 t 时间内,水位从 H_2 开始,向含水层

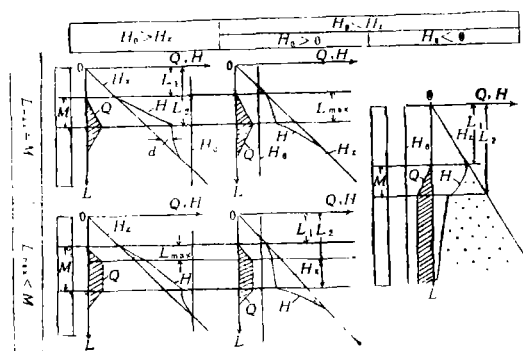


图2 $Q=f(L)$ 曲线图

1—XU-600型钻机；2—XB-1000型钻机；3—SPJ-300型钻机

的静止水位 H_0 移动，移动距离为 $d = |H - H_2|$ 。若将此过程看做是一种抽水 ($H_0 < H_2$) 或注水 ($H_0 > H_2$)，取

$$Q = \frac{\pi r^2 d}{\alpha L}$$

代入(1)式得到

$$d = \frac{q\alpha S}{\pi r^2} lL \quad (3)$$

再用 $L = L_1 + l$ 代入得到

$$d = \frac{q\alpha S}{\pi r^2} (L_1 l + l^2) \quad (4)$$

在同一钻孔的同一含水层内，若 q 、 r 不变，提升每米钻杆所需的时间 α 和水位降低 $S = |H_0 - H_x| - \frac{d}{2}$ 变化不大，则 $d = f(l)$ 为抛物线关系。

当 $L_{\max} = M$ 时，曲线 $d = f(l)$ 系由曲线组成的三角形。因为 $H = H_x \pm d$ ，故这种三角形是在 H_x 直线的基础上形成的（图3）。当 $H_0 > H_x$ ， $H = H_x + d$ ，曲线向右方突起，当 $H_0 < H_x$ ， $H = H_x - d$ ，曲线向左方突起（图1）。

当 $L_{\max} < M$ 时，梯形上部与前述三角形上部相同，梯形中部 $(L_1 + L_{\max}) < L < (L_1 + M)$ 范围内的 $L = L_{\max}$ 为定值，故 d 与 L 成正比， $d = f(L)$ 为直线关系；梯形下部与三角形下部相同。

自流水属于 $H_0 < 0$ 型

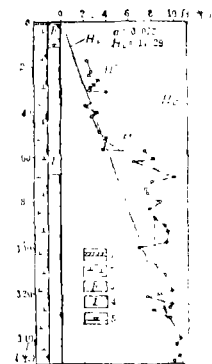


图3 辽南某地ZK6号孔水位曲线图

1—亚粘土；2—安山岩；3—风化带；4—按岩心确定的构造裂隙带；5—静止水位

（图1），含水层一旦被揭露，则不能再被岩粉封闭，故含水层穿过后， Q 、 d 值不会减小。由于此时(3)式中的 $L = L_{\max} = M$ 为定值，故 $d = f(L)$ 为直线关系， d 随 L 的增加而增大。开始出现 $Q = Q_{\max}$ 及 $H = f(L)$ 曲线与直线相交点处相当于含水层下限 L_2 。开始出现 $Q < 0$ ， $d > 0$ 处为 L_1 的位置（图4），显然把开始出现自流现象的深度作为 L_1 是错误的。

由于有观测误差等因素影响，故实测值 Q'_i 、 H'_i 常不等于理论值 Q_i 、 H_i 。若把 Q' 、 H' 看作是具有正态分布的随机变量，则能使 $\sum_i (Q'_i - Q_i)^2$ 或 $\sum_i (H'_i - H_i)^2$ 达到最小的曲线就是最优曲线。若用直尺或曲线板作出一条直线或曲线，使直线或曲线两边的点数近于一致，则此直线或曲线就相当于是最优的。

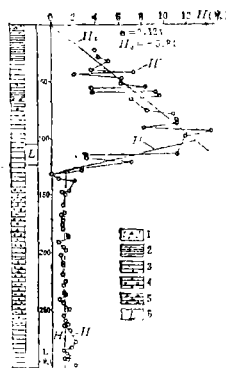


图4 辽北某地SK18号孔水位曲线图

1—含碎石亚砂土；2—页岩；3—砂岩；4—砾岩；5—安山岩；6—按岩心确定的含水带位置

故可用作图法求出 L_1 、 L_2 的位置，从图上查得 $L_{\max}$ 、 $Q_{\max}$ 、 $d_{\max}$ 等数值，从而达到了解含水层位置和水位、水量情况的目的。

实例验证

1. 辽西某地 8309 号孔上部砂卵石层用浓泥浆钻进，基岩用清水钻进。片麻岩上部发育有强化裂隙带，下部裂隙被绿泥石、方解石等热液物质充填，为裂隙充填带。

按实测曲线（图5）可知，孔深70米以下， $H' = f(L)$ 折线围绕某一直线摆动，过坐标原点作出此直线，则为 $H_2 = f(L)$ ，求得 $a = \frac{H_2}{L} = 0.080$ （按表1为0.081）。作图法求得 $L_2 = 34$ 米，为强风化裂隙带的下限。

在强风化裂隙带内，岩石裂隙面上有“水锈”（褐铁矿凝胶），其发育深度为34.68米，故与上述作图法

求得的深度相近。分带抽水试验结果, 上带渗透系数 $K = 0.28$ 米/日, 下带 $K = 0.00031$ 米/日, 证明前述分带是正确的。

从图上可知, $H_2 < H < H_0$, 作图求得 $H_{\max} = 9.4$ 米, 故 $H_0 \geq 9.4$ 米, 实测 $H_0 = 10.85$ 米。

从图上求得 $Q_{\max} = 10.67$ 公升/分, 已知 $r = 0.055$ 米, $l = 8.27$ 米, 计算 $q = \frac{Q_{\max}}{H_0 l} = 0.12$ 公升/分·米², 取影响半径 $R = 40$ 米, 作用带厚度 $l_0 = l + 0.9 H_0 = 18.04$ 米, 代入式

$$K = 0.527q\sqrt{\frac{l}{l_0}} \lg \frac{R}{r}$$

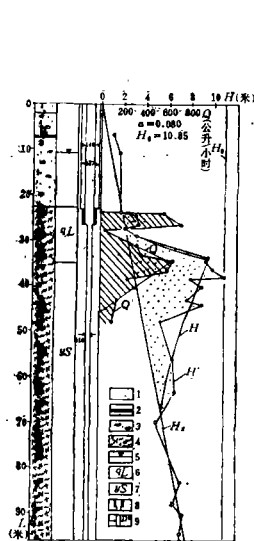


图 5 辽西某地 8309 孔
简易水文地质柱状图

1—粗砂, 2—亚粘土, 3—
砂卵石, 4—混合岩化斜长
角闪片麻岩, 5—静止水位
6—强风化裂隙带, 7—裂隙
充填带, 8—止水位置,
9—孔径 (毫米)

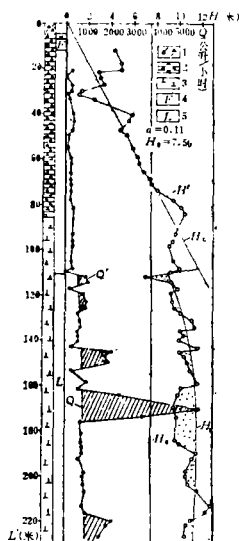


图 6 辽东某地 CK29 号
孔简易水文地质曲线图

1—含碎石亚砂土, 2—火山
角砾岩, 3—安山岩, 4—风
化带, 5—成岩—构造裂隙带

求得 $K = 0.12$ 米/日, 为前述 0.28 米/日的 43% , 这是由于所注之水含有大量岩粉使 q 值偏小造成的, 为估算 K , 可将上述计算结果乘以 2 。

2. 辽东某地 CK29 号孔位于火山岩中, H_0 线在 70 米处穿过 $H_s = f(L)$ 直线 (图 6)。按图推知, 110 米以下为含水带, 因 $H_0 < H_s$, 故 $H = f(L)$ 曲线向左方突起。曲线属 $L_{\max} < M$ 型, 应为梯形曲线, 但含水带为非均质, $Q = f(L)$ 为一斜线, 故 q 值上小下大, 相应地使 $d = Ff(L)$ 为曲线关系。在上述背景之上, 还有一些 $Q' = f(L)$ 与 $H' = f(L)$ 方向相反的突起, 如含水带上部 111.8 米处、中部 145 和 170.26 米处、下部 218.79 米处等, 说明在较均匀的成岩裂隙的基础上, 在上述深度上又发育有透水性较大的构造裂隙。故只要灵活应用上述理论, 就可以解析较复杂的实测曲线。

若不考虑“突起”, 取 Q 的一般值为 800 公升/时,

$H_0 = 7.56$ 米, 则 $q_0 = \frac{Q}{H_0} = 0.029$ 公升/秒·米。在抽水试验 $q_0 = f(S)$ 曲线图上, $S = 7.56$ 米处的单位涌水量 $q_0 = 0.04$ 公升/秒·米, 故推算值也比抽水试验结果小。

上述方法与终孔后进行的测井、分段抽 (注) 水等方法相比, 其优点是在钻进过程中了解孔内含水层的位置及其水位、水量情况, 从而达到指导施工的目的。

采用本方法应做好孔内外有关情况的记录, 以便将那些明显偏离理论假设条件的个别数据去掉。例如, 孔外循环系统严重漏失时测得的 Q' 值, 因孔内事故致使 t 值很大时测得的 H' 值, 孔口不返水时 ($S \neq H_0$) 测得的 Q' 值, 停钻后孔外继续向孔内送水时测得的 H' 值等。

本方法主要适用于各种裂隙水, 对于透水性很大的岩溶水, 因溶洞不能被岩粉封闭, 故按前述方法可确定含水层上限, 不能确定其下限位置。

(1980 年 11 月收到)

(上接第 59 页)

当突出, 而反映地下水形成与资源条件的内容很少, 甚至完全没有。至于在水文地质实际工作中, 事实上 (而不是理论上) 目前还远没有把查明地下水资源作为勘查研究的中心问题。

(四)

在我国水文地质界, 术语不统一、概念混乱的现象确实是存在的。这一问

题至今还没有引起足够的重视。统一术语, 澄清概念, 并不是咬文嚼字的文字游戏, 而是十分严肃、十分必要而又相当艰苦的工作。术语、概念反映着人们对客观事物的认识深度。含糊的乃至谬误的术语与概念, 不仅妨碍水文地质学理论的正确发展, 而且还会对实际工作造成很大危害。举例来说, 如果能够正确地把握地下水资源的概念, 大致估价某一地区地下水资源的前景以及比较不

同类型地下水 (如浅层水、深层水) 的资源状况, 并不是难事。然而, 在有些地方却在投入大量工作量后才得出初步结论, 问题是有的时候所得出的结论仍然并不正确。

上面这些想法很不成熟, 但有感于这项工作十分必要, 很希望能在这一方面引起进一步探讨, 因此不揣浅薄, 姑且以此短文作为引玉之砖吧!