该处有经常性补给,故作为第一类定水头边界。

5. 渗流区具明显的非均质各向异性特征,结合不同地段勘探程度和评价要求,将渗流区划分为七个大的、十九个小的各向异性区。

6. 越流区第四系与奥陶系灰岩相互重叠,由于其间存在着水头差而产生水力联系,对区内两套含水层分别划出单元,重叠的单元节点座标完全一致,各节点据其平衡关系分别列方程统一求解。

方程及定解条件为:

$$\begin{aligned} \mu \cdot \frac{\partial h}{\partial t} &= T_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + T_y \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} - \\ &- \sum_{w=1}^n Q_w \delta(x-x_w, y-y_w) + \varepsilon(x, y, t) \\ h(x, y, 0) &= h_0(x, y) \\ \left(T_x \frac{\partial h}{\partial x} n_x + T_y \frac{\partial h}{\partial y} n_y \right) \Big|_{\Gamma_2} &= 0 \end{aligned}$$

$$h(x, y, t) \Big|_{\Gamma_1} = \varphi$$

将渗流区剖分为 464 个单元, 283 个节点。选择 10 个观测孔为拟合点, 进行参数的间接反求作法是: 将勘探孔较多的一个小区的参数定为基数, 再根据其各区富水性、钻孔自流量等指标给出其与基数的比值, 以此确定各区参数初值。然后代入模型中试算, 根据拟合情况反复调整比值、基数及内部分区。在此过程中我们使用了优选法、单纯形法等并配合人为调整, 求得一组最佳参数。

经反复调整试算使得计算值与实测资料达到最佳拟合, 绝对误差一般不超过 0.20 米, 平均相对误差仅 2.9%, 这说明, 数学模型是好的。

用此数学模型, 预报了十年的开采动态, 结果表明, 水量能够满足要求。

(李风忠执笔)

一个水源地下降漏斗 发展趋势的预测

王桂增 (陕西省第一水地质队)

一工业供水水源地, 面积 8 平方公里, 有 49 眼生产井。自 1956 年开采地下水以来, 逐步形成区域下降漏, 并不断地扩大和加深, 使处于下降漏斗中心的井, 出水量明显减少, 甚至发生吊泵现象, 给工业用水造成影响。面对这种情况, 应查明下降漏斗不断发展的原因, 预测其发展趋势, 并确定允许的开采量。

为了弄清开采量与水位下降间的变化规律, 于 1973 年 9 月至 1974 年 10 月, 进行了一个水文年的实际开采试验, 并应用开采强度法进行分析计算, 对解决上述问题取得了较好的效果。

一、水文地质参数的确定

该水源地开采上新统灞河组砂砾岩夹砂质泥岩层中的承压水。水源地近于矩形, 属于无越流的无限边界条件。计算时, 将开采区概化成一个矩形, 并包容两个次一级矩形, 以漏斗中心的 5 号及 15 号井作计算点。由于 1973 年以前无开采量和水位降低资料, 除求解 a 、 μ 外, 还须确定历史开采强度 ε_0 与历史开采时间 t_0 。这两个辅助参数等价于自 1956 年至 1973 年的实际开采过程的开采强度和开采时间。进行这样处理, 就恢复了水源地整个生产过程。

a 、 μ 、 ε_0 、 t_0 四个参数是依据 1973 年 9 月及 1974

年 9 月 5 号和 15 号井的四个水位降低方程求解的。

在有一个以上开采区, 且开采强度随开采时段变化、开采比不变的条件下, 矩形开采区任意点水位降低公式为

$$\begin{aligned} s(x, y, t) &= \frac{\varepsilon_1 t_n}{\mu} \left[\alpha^1 \bar{s}_{t_n} + \alpha^2 \bar{s}_{t_n}^2 + \dots + \alpha^m \bar{s}_{t_n}^m \right] + \\ &+ \frac{(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)(t_n - t_1)}{\mu} \left[\left[\alpha^1 \bar{s}_{(t_n - t_1)}^1 + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \dots + \alpha^m \bar{s}_{(t_n - t_1)}^m \right] \right] + \\ &+ \dots + \frac{(\varepsilon_n - \varepsilon_{n-1})(t_n - t_{n-1})}{\mu} \times \\ &\times \left[\alpha^1 \bar{s}_{(t_n - t_{n-1})}^1 + \dots + \alpha^m \bar{s}_{(t_n - t_{n-1})}^m \right] \end{aligned}$$

式中 $\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n$ ——第 1 至第 n 时段的计算用开采强度。

$\alpha^1, \dots, \alpha^m$ ——第 1 至第 m 开采区的开采比。

$t_1, \dots, t_n$ ——从开始抽水起算至第 1 到第 n 时段末的时间。

用试算法解出:

$$a = 1.19 \times 10^5, \mu = 4.15 \times 10^{-3},$$

$$\varepsilon_0 = 4.15 \times 10^{-3}, t_0 = 1.89 \times 10^3$$

经验证计算的五个点的实测水位降低与计算水位降低误差 0.6—1.76%, 说明四个参数可信, 并根据所求得的参数值作水位降低预测及开采量评价。

二、下降漏斗发展趋势预测

在 1974 年计算时, 以 1973 年 10 月至 1974 年 9

月的开采比作基础,预测5号、15号井1975—1985年十年间水位降低趋势。选择54504吨/日、46091吨/日、37729吨/日及28000吨/日四种开采量。

计算结果表明,每增加1000吨/日的开采量,就造成0.8米/年的水位降低。该水源地下降漏斗深度不能超过60米。为避免水位下降过快,以保证水源地基基本上稳定生产,有必要将水位下降速度限制在被认为是允许的限度内。如果把小于0.5米/年或0.25米/年的水位降幅作为可以接受的限度,那么38000吨/日或28000吨/日为允许的开采量。

三、水位降低预测的效果

1975年、1976年、1978年的实际开采量分别为43841吨/日、42451吨/日及47186吨/日。按此实际开采量,作了水位降低计算。计算水位降低与实测水位降低比较,15号井相对误差1.65—2.87%,5号井相对误差7.76—16.9%。

尽管存在5号井误差偏大的情况,但经过1974—1978年开采验证,在实际平均开采量为46000吨/日条件下,以15号井为准,平均降幅为1.91米/年。15号井水位预测误差较小,笔者认为应用开采强度法,对下降漏斗发展趋势预测,取得了较好的效果。

董志塬黄土潜水资源评价

路瑞宗(甘肃省水文地质一队)

一、董志塬的水文地质条件

董志塬位于甘肃省庆阳地区,是陇东黄土高原中最大的塬,面积828平方公里,有耕地一百万亩以上。

塬面地形总趋势为西北高,东南低。塬面标高1400米左右,塬东、西、南三面为马莲河、蒲河、泾河所切割,相对高差250—300米。沿河出露的塬区地层自下而上为下白垩系 K_1 砂岩、砂页岩;新第三系 N_2 棕红色砂质泥岩,厚10—20米; Q_1 为浅棕红色午城黄土,厚40米左右; Q_2 上部为马蓝黄土,下部为古土壤与粉土质亚砂土互层,共50米左右。

Q_2 为塬区的主要含水层,根据1978年5月份所做的带有5个专门观测孔的非稳定抽水试验,用布尔顿、纽曼、雅各布及水位恢复法解释,渗透系数一般在0.3—0.5米/日左右。给水度0.7—0.38。 Q_1 的粘土层为黄土潜水的隔水底板。

从1976年5月的等水位线及埋深图可以看出,塬区潜水面呈馒头状向上突出,塬中心水位埋深20—30米,水力坡度5‰,潜水面平缓,向塬边都急骤增大。塬中心单井最大出水量1600方/日,向塬边逐渐变小。

由于塬区潜水面高于河水面,所以塬区潜水无侧向补给。塬面沟谷无表流,这样的条件决定了塬区潜水只接受大气降水补给。塬两侧沟谷为潜水排泄带。

据西峰气象站资料,塬区多年平均降水量为557.7毫米,一年降水集中有7、8、9三个月。潜水位对降水的反映一般要滞后5个月左右。水位低谷期在5月份,高峰期在12月至次年2月,具有每年一次升降的特征。在西峰镇由于工业及居民用水的连续性和过

量开采,形成了下降漏斗。

二、黄土潜水资源评价方法

1. 以泉排泄量为基础的评价方法

在1971年农田供水勘察报告中计算的动储量 Q_d 以下述假定为前提:①排泄量 $\approx$ 多年平均补给量 $\approx$ 动储量。②含水层径流模数各地段大致相同。

由泉沟测流并考虑蒸发量和人畜用水而求得径流模数,乘以含水层分布面积求得动储量,再计算静储量,然后根据允许水位下降值求得可采资源。

2. 相关分析法

由塬区的水文地质条件可以看出,塬区潜水只接受大气降水的补给。如果选取开采量较小或基本未开采的年份,那么根据水位升幅与降水的对应关系就可以建立回归方程:

$$y = a + b \lg x \quad (y \text{——水位升幅; } x \text{——降水量})$$

根据最小二乘法用观测资料可求出 a 、 b 。董志塬地下水埋深不同,水位升幅也不同,因此分出六个地下水埋深区,建立了六个回归方程,并进行了方差分析,大多数相关密切。然后将1937年来的降水资料代入上述方程,求得多年的相应水位升幅。再根据公式 $Q = \mu \cdot y \cdot F$ (μ ——给水度, y ——水位升幅, F ——含水层面积)算得多年的调节补给量,并进行了保证率计算。再根据丰、平、枯水年的需水与降水关系对地下水资源进行了评价。

3. 有限单元法

本文采用了吴嘉瑞同志1975年学习班上讲述的潜
(下转第58页)