

利用水均衡法求算明水岩 溶区降水入渗系数

高殿琪 颜景生
(山东省环境水文地质总站)

提要 本文全面的叙述了利用水均衡法在济南明水岩溶区求算降水入渗系数的方法问题。

明水镇位于济南以东45km,是济南市章丘县政府所在地。这里是明水单斜水文地质单元地下水的排泄区。有名的百脉泉、西麻湾泉、东麻湾泉等组成的明水泉群,都分布在明水镇附近。大量的水文地质资料证明,明水单斜是一独立的水文地质单元。

八十年代中期,为了给研究鲁中南岩溶地下水资源提供科学的水文地质参数,山东省济南环境水文地质站,在明水水文地质单元进行了水均衡试验。均衡试验中,进行了广泛的水文地质调查,同时进行了一个水文年期间的地表水、地下水水位、流量监测和一般气象要素的观测工作。根据获得的大量科学数据,利用水均衡法求算了明水岩溶区降水入渗系数,为正确评价鲁中南岩溶水资源,提供了可靠的水文地质参数。

一、明水地区水文地质概况

明水单斜水文地质单元位于泰山穹隆的东北边缘,由南向北出露的地层依次为:太古界变质岩、古生界寒武系和奥陶系石灰岩以及石炭二叠系砂页岩。基性火成岩穿插在古生界地层中。地层向北倾斜,形成一标准的单斜构造(图1)。

明水单斜水文地质区主要含水层是寒武系上统石灰岩和奥陶系中统石灰岩。这些石灰岩岩溶发育,给地下水的运动和储存创造了条件。南部山区石灰岩出露区是岩溶地下水的补给区,地下水水位80m左右(埋深120—200m不等),从补给区到径流排泄区,水位由80m过渡到60m左右,埋深由200m过渡到涌出地表。明水镇是明水单斜水文地质单元岩溶地下水的排泄区。地下水是通过泉群排泄的,这些泉水是百脉泉、西麻湾、东麻湾等,日总排泄量达29万 m^3 。据勘探资料,明水单斜水文地质区岩溶地下水的开采资源为33万 m^3/d 。

本文1990年7月收到,11月改回。

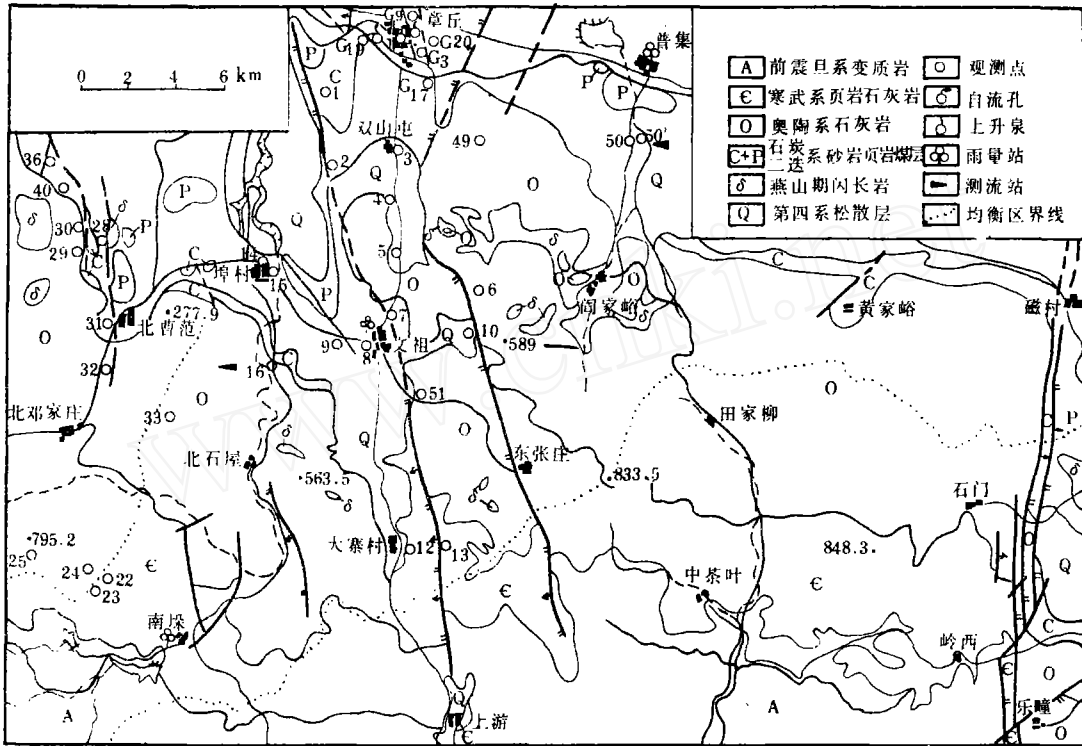


图1 明水地区地质图及均衡试验监测点分布图

明水单斜水文地质区岩溶地下水水质优良,属重碳酸—钙—镁型低矿化度的淡水。明水岩溶地下水还没有被大量开采利用,地下水动态属正常型变化特征,高水位期同时也是泉水的高流量期,发生在7—10月份的雨季。低水位期同时也是泉水低流量期,发生在枯水期的5—6月份。地下水水位的年变幅4.50m左右。

二、均衡试验方法

1. 进行水文地质调查:在明水单斜范围内,对地质构造、地层、岩溶进行调查,确定明水单斜水文地质边界条件,划定均衡区的范围。
2. 对均衡区地表水、地下水水点进行动态监测工作。研究土壤的含水量及其变化。
3. 收集均衡区地下水开采量和水文、气象资料。

获得以上资料,是为了确立明水单斜水文地质单元水均衡式中水的收入项和支出项所需的数据和资料。

三、水均衡式的建立

明水单斜水文地质区的水均衡,实际上是这个水文地质区三水(大气降水、地表水、地下水)互相转化的平衡过程。根据明水地区的自然地理和水文气象资料,考虑到区域水文地质条件,可以列出明水单斜水文地质区三水转化的水均衡要素图(图 2)。

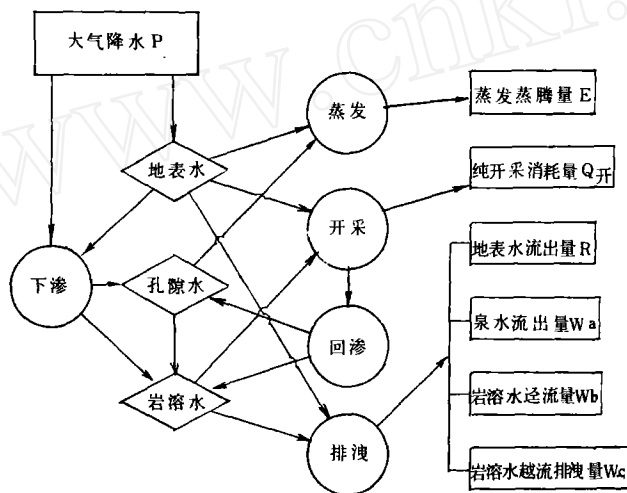


图 2 明水单斜水文地质区三水转化、均衡要素框图

(一)水均衡式的建立

根据三水互相转化的水均衡要素图,可建立起明水单斜水文地质区水均衡方程式:

$$\Delta W_b = P - (Q_{\text{开}} + E) - (W_a + W_b + W_c) - R$$

式中: P ——大气降水量;

$Q_{\text{开}}$ ——地下水的纯开采量;

E ——降水的蒸发蒸腾量;

W_a ——泉水流出量;

W_b ——岩溶水径流量;

W_c ——岩溶水越流排泄量;

ΔW_b ——水位变幅以内的地下水调节量;

R ——地表水流出量。

(二)各均衡要素的确定

1. 大气降水量(P):采用 1985 年均衡区内明水、埠村、文祖、胡山等降水量之和的平均值。经统计,1985 年平均降水量为 617.8mm。分析降水量的大小与水位升降的关系后认为,小于 6.8mm 的降水量对地下水的补给等于零,所以小于 6.8mm 的降水量可视为蒸发蒸腾的纯消耗量。据统计资料,1985 年平均降水量 617.8mm 中,对地下水补给起作用的

有效降水量为 466.4mm, 只占全年降水量的 75.5%。均衡区总面积 463.5km², 全区总降水量为 28635.03 万 m³。其中有效降水量为 21617.64 万 m³。

2. 地下水的纯开采量($Q_{\text{开}}$): 即工业、农业对石灰岩岩溶地下水的开采量。工业对岩溶水的开采量, 包括县自来水公司的开采量 333.07 万 m³, 厂矿企业自备水源地的开采量 976.0791 万 m³, 农业对岩溶水的开采量 573.1343 万 m³。明水地区岩溶水年总开采量 1882.2834 万 m³。

3. 水的蒸发蒸腾量(E):

(1) 降水量小于 6.8mm 直接消耗在土面蒸发和植物的蒸腾量($E_{\text{纯}}$), 经计算为 7017.39 万 m³。

(2) 降水量大于 6.8mm 的土面蒸发和植物蒸腾量(E_{\pm})是这样计算的: 在均衡区石灰岩分布区, 按第四系覆盖的多少可分为:

全覆盖型: 面积为 57.15km², 土壤厚度 0.85m。

半覆盖型: 面积为 136.95km², 土壤厚度平均 0.30m。

通过上述全覆盖型和半覆盖型的分布面积和土壤的厚度, 计算的全区土壤总体积为 8966.25 万 m³。按土壤比重 $\gamma = 2.71\text{g/cm}^3$ 计算, 土壤的总重量为 24298.5375 万 t。

通过野外试验, 降水前和降水后(一次降水量大于 6.8mm)土壤含水量增加 2%。1985 年降水间隔 24 小时以上降水量大于 6.8mm 的有 22 次降水过程。因此, 消耗于土壤蒸发、植物蒸腾的 $E_{\pm} = 24298.5375 \times 22 \times 2\% = 10691.36$ 万 m³。

(3) 地表水体的消耗量($E_{\text{水}}$): 指均衡区垛庄水库液面蒸发和灌区的植物蒸发蒸腾量。水库液面蒸发量利用多年蒸发量资料计算。灌区土壤蒸发和植物蒸腾量采用水库年放水量的 70% 粗略计算。

$$E_{\text{水}} = E_{\text{液}} + E_{\text{蒸腾}} = 123.801 \text{ 万 m}^3 + 315.74 \text{ 万 m}^3 \\ = 439.541 \text{ 万 m}^3$$

因此, 均衡区内蒸发、植物蒸腾总量:

$$E = E_{\text{纯}} + E_{\pm} + E_{\text{水}} \\ = 7017.39 \text{ 万 m}^3 + 10691.36 \text{ 万 m}^3 + 439.541 \text{ 万 m}^3 \\ = 18148.291 \text{ 万 m}^3$$

4. 泉水流出量($W_{\text{泉}}$): 利用明水泉群全年测流资料, 计算出泉水每天的流出量值, 全年的累加值即泉水的年排泄量。经计算, 明水泉群年排泄量为 4761.9522 万 m³。

5. 岩溶水径流量($W_{\text{岩}}$): 岩溶水的径流量指岩溶水通过某一含水层过水断面的排泄量。由于均衡区北部边缘奥陶系石灰岩上面沉积了巨厚的煤系和第三系不透水或微透水的砂页岩, 地下水向北运动基本处于停滞状态。因此, 该区岩溶水径流量可视为零。

6. 岩溶水越流排泄量($W_{\text{越}}$): 明水单斜水文地质区越流排泄量, 指岩溶水向上顶托补给煤系, 通过煤矿矿坑排水的泄出量。因此, 埠村、岭子、琅沟三个煤矿矿坑排水量可视作岩溶水越流排泄量。据统计, 埠村、岭子等三处煤矿矿坑排泄量为 1937.5926 万 m³。

7. 地表水流出量(R): 利用均衡区两条主要河流东巴漏河、西巴漏河实测年平均径流量和平均径流模数值, 求得均衡区地表水径流量 $R = 1.6082 \text{ 万 m}^3/\text{km}^2 \times 463.5\text{km}^2 = 745.4007 \text{ 万 m}^3$ 。

四、明水岩溶区降水入渗系数的计算

(一)利用 1985 年资料计算降水入渗系数

1984 年和 1985 年降水量分别为 632.5mm 和 617.8mm, 两年降水量相差不大。因此, 利用 1985 年均衡年内各均衡项实测值计算石灰岩岩溶区降水入渗系数是可靠的。前已叙述, 1985 年水均衡式中各均衡项数值已经确定, 因此按水均衡方程式可建立为:

$$\begin{aligned}\Delta W_b &= P - (Q_{\text{开}} + E) - (W_a + W_b + W_c) - R \\ &= 28635.03 \text{ 万 m}^3 - 20030.5744 \text{ 万 m}^3 - 6699.5448 \text{ 万 m}^3 - 745.4007 \text{ 万 m}^3 \\ &= 1159.5101 \text{ 万 m}^3\end{aligned}$$

上式计算结果表明, 均衡区由于水位的上升形成的调节量 ΔW_b 为 1159.7501 万 m^3 , 而且明水单斜水文地质单元在均衡期内地下水的运动处于正均衡状态。因此, 明水单斜水文地质区石灰岩降水入渗系数为:

$$\begin{aligned}P \cdot \alpha &= W_a + W_c + Q_{\text{开}} + \Delta W_b \\ \alpha &= \frac{W_a + W_c + Q_{\text{开}} + \Delta W_b}{P} \\ &= \frac{4761.9522 + 1937.5926 + 1882.2834 + 1159.5101}{28635.03} \\ &= \frac{9741.3383}{28635.03} \\ &= 0.3402\end{aligned}$$

所以, 明水单斜水文地质区石灰岩降水入渗系数 α 为 0.3402。

(二)利用水文周期资料计算石灰岩降水入渗系数

利用代表一个水文周期的 1985 年 7 月至 1986 年 6 月降水和地下水动态监测资料 (见附表), 反算石灰岩降水入渗系数, 经计算求得一个水文年的降水量 $P = 26614.1700$ 万 m^3 , 代入下式:

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{W_a + W_c + Q_{\text{开}}}{P} \\ &= \frac{6131.8289 + 1872.5103 + 1016.5406}{26614.1700} \\ &= 0.339\end{aligned}$$

1985 至 1986 年降水和地下水监测资料统计表

时 间	降水量 (mm)	泉水流出量 (万 m^3)	开采量 (万 m^3)	越流排泄量 (万 m^3)
1985 年 7—12 月	496.84	3266.7113	557.0009	1100.6643
1986 年 1—6 月	77.36	2865.1176	459.5397	771.8460
合 计	574.20	6131.8289	1016.5406	1872.5103

因此可以结论,1985年均衡期计算的明水石灰岩地区降水入渗系数 $\alpha=0.3402$ 和1985年至1986年一个水文周期反算的降水入渗系数 $\alpha=0.339$ 数值相近,证明明水单斜水文地质区石灰岩降水入渗系数 $\alpha=0.3402$ 是正确的。

五、结 语

在石灰岩岩溶地区,计算精确的降水入渗系数,对正确评价岩溶水资源,是非常重要的。山东省在评价鲁中南岩溶水资源时,首先在明水单斜这个独立的水文地质单元,利用水均衡法,计算出了降水入渗系数 $\alpha=0.3402$,不少专家认为,这个水文地质参数是接近实际的,可供岩溶地区特别是同类地区评价岩溶水资源时参考和应用。

在石灰岩岩溶发育地区,要计算出精确而又接近实际的降水入渗系数,是比较困难的。但实践证明,利用水均衡法求算降水入渗系数,是最接近实际最为可靠的一种方法。在岩溶发育地区,欲求算出精确的降水入渗系数,关键的问题是在水均衡试验中,利用科学的手段,力求各均衡要素值更加接近实际和准确,这样计算出的降水入渗系数才能成为理想的水文地质参数。

CALCULATION OF INFILTRATION COEFFICIENTS OF
PRECIPITATION IN MINGSHUI KARST REGION BY
WATER BALANCE METHOD

Gao Dianqi and Yan Jingsheng

(Shandong General Station of Environmental Hydrogeology)

Abstract

The method for calculating infiltration coefficients of precipitation in Mingshui karst region by water balance principle is elaborated in this paper.