

岩溶地下水水资源评价方法及应用实例

李向国,李 敏,叶晋岩,霍志军,马兆川,郭 军,姬 慧

(山西省第四地质工程勘察院,山西 长治 046000)

摘 要:岩溶地下水水资源评价方法是用以评价岩溶地下水可采资源方法的总称,通过对下河泉的长期观测资料的分析,利用补给量法、排泄量法中的频率分析法和泉水流量衰减分析法对下河泉岩溶地下水可采资源进行了评价。

关键词:岩溶;地下水资源;评价;补给量法;频率分析法;衰减分析法

为保证晋城西部地区一大批大、中型新建,改建工业企业建设项目以及阳城县发展的用水,根据地区“十五”水利规划,决定开发兴建该水源地,本文就开发该岩溶地下水水源地提交 B 级岩溶地下水开采资源量等进行了评价。

1 岩溶地下水水资源评价

下河泉水源地开采奥陶系上、下马家沟组岩溶地下水,根据地下水动力场,水源地处于延河泉域下河泉群子系统岩溶地下水的排泄区,构造裂隙、岩溶裂隙发育,用补给法、排泄量法评价水源地岩溶地下水天然资源及开采资源。

1.1 补给量法

下河泉群子系统天然补给项包括裸露及半裸露可岩溶区的大气降水入渗补给及高平一带的地下水潜流补给,其中河道渗漏补给包括端氏—河头沁河的渗漏补给及芦苇河的渗漏补给。据此计算可知:

$$Q_{\text{可渗}} = 0.367 + 0.962 = 1.269 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{潜补}} = 0.336 \text{ m}^3/\text{s}$$

下河泉群子系统裸露、半裸露可容区面积 F_F 为 180 km^2 ,大气降水入渗系数 $a_{\text{综}}$ 仍取 0.27。降水量采用阳城、沁水、晋城、高平四县(市)多年平均值,不同保证率下的多年平均降雨量值,则有:

(1) 多年平均降水入渗补给量 $Q_{\text{降渗}}$ 为:

$$Q_{\text{降渗}} = a_{\text{综}} \cdot F_F \cdot P / 365 \cdot 86.4$$

$$= 0.27 \times 180 \times 590.46 / 365 \cdot 86.4 = 0.9109 \text{ m}^3/\text{s}$$

式中: $a_{\text{综}}$ ——裸露、半裸露区降水综合入渗系数;

F_F ——下河泉群子系统裸露、半裸露可溶岩区面积, km^2 ;

P ——多年平均降雨量, mm 。

(2) 降水量在 97% 的保证率下的大气降水入渗补给量

$Q_{0.97\text{降渗}}$ 为:

$$Q_{0.97\text{降渗}} = a_{\text{综}} \cdot F_F \cdot P / 365 \cdot 86.4$$

$$= 0.27 \times 180 \times 387.52 / 365 \cdot 86.4 = 0.597 \text{ m}^3/\text{s}$$

式中: P ——97% 的保证率下的降雨量, mm ;

其它符号同上。

因此,下河泉群子系统天然补给资源量为:

$$Q_{\text{补}} = 0.910 + 1.269 + 0.336 = 2.515 \text{ m}^3/\text{s}$$

亦即下河泉水源地天然资源为 $2.515 \text{ m}^3/\text{s}$ 。按 97% 的保证率下下河泉群子系统天然补给量为:

$$Q_{\text{补}} = 0.597 + 1.269 + 0.336 = 2.202 \text{ m}^3/\text{s}$$

则下河泉水源地开采资源量为 $2.202 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

1.2 排泄量法(水文学方法)

(1) 泉水水文过程曲线分析下河泉群水流量变化代表了泉群子系统岩溶地下水资源动态状况。212 地质队 1986~2003 年对下河泉群进行了长达 18 年的流量长期观测,可根据泉水流量过程曲线,按最枯流量法对下河泉水源地进行岩溶水资源评价。下河泉群多年平均流量为 $2.104 \text{ m}^3/\text{s}$,而下河泉群子系统岩溶水多年平均开采量为 $0.37 \text{ m}^3/\text{s}$ (2002 年以前多年平均开采量),经还原后,下河泉水源地天然资源量为 $2.474 \text{ m}^3/\text{s}$ 。多年观测的月最枯流量 $1.321 \text{ m}^3/\text{s}$,即为水源地可开采资源量。

(2) 泉水流量衰减分析法。根据 1986~2002 年的流量实测资料,最大月平均流量出现在 7 月,为 $2.2806 \text{ m}^3/\text{s}$;最小月平均流量出现在下一年的 4 月,衰减期 9 个月,根据曲线拐点的分布,衰减期内有 4 个衰减亚期,补给回升期内有 2 个回升期。利用布西涅斯克—梅勒流量衰减过程方程求解衰减系数 α :

$$\alpha = \frac{\ln Q_0 - \ln Q_t}{t} = 0.000751$$

式中: Q_0 ——最大月平均流量,为 $2.2806 \text{ m}^3/\text{s}$;

Q_t ——最小月平均流量,为 $1.8617 \text{ m}^3/\text{s}$;

t ——衰减期,为 270d。

由此建立流量衰减方程为:

$$Q_t = Q_0 \cdot e^{-0.000751t}$$

式中: Q_t ——衰减期末流量, m^3/s ;

Q_0 ——衰减初始时刻的流量, m^3/s ;

t ——衰减期, d。

衰减周期初始时刻流量分别采用多年平均流量、最近 10 年年平均流量、最近 5 年年平均流量,衰减期均按 270d,计算衰减期末流量,计算结果如下:

$$Q_{\text{多年}} = 2.1041 \times e^{-0.000751 \times 270} = 1.718 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{10\text{年}} = 1.8892 \times e^{-0.000751 \times 270} = 1.542 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{5\text{年}} = 1.8079 \times e^{-0.000751 \times 270} = 1.476 \text{ m}^3/\text{s}$$

由于下河泉群泉水流量总体呈下降趋势,因此宜采用最近 5 年的年平均流量值作为衰减初始流量的计算值 $1.476 \text{ m}^3/\text{s}$ 作为下河泉水源地可开采资源量。

(3) 频率分析法。频率分析法实际也是泉水水文过程曲线

分析方法的一种,通过流量原频率分析,可以求得不同保证率下的可开采资源量。

①经验频率法。采用多年年平均流量系列资料,利用经验频率法求得 33 年一遇(即保证率为 97%)的泉水流量作为下河泉水源地可开采资源量,如表 1 所示。查经验频率曲线图(图 1),外推水源地可开采资源量 $1.430\text{m}^3/\text{s}$ 。

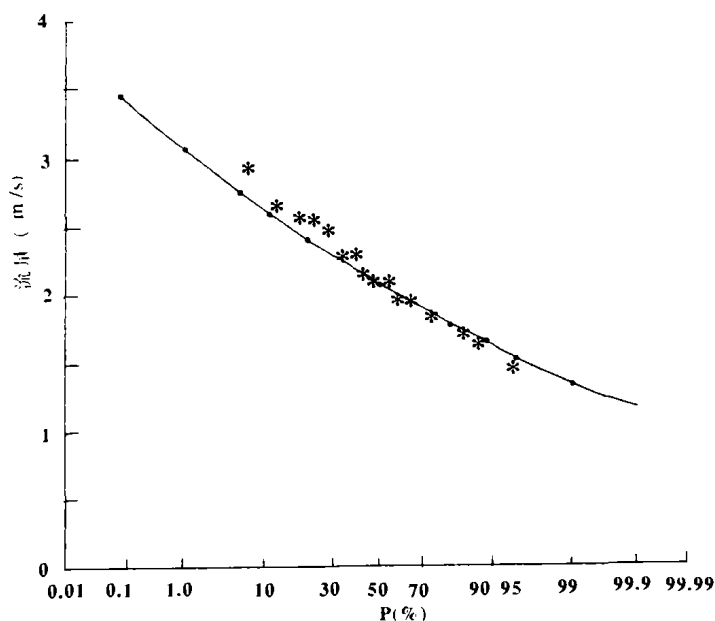


图 1 频率曲线图

• 理论频率点; * 经验频率点

②理论频率法。理论频率法可处理资料范围以外的特征值,并采用皮尔逊Ⅲ型曲线查流量值。

采用下河泉群年平均流量系列计算,如表 2 所示,其中离散系数 C_v 按下式计算:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum(K-1)^2}{n-1}} = 0.1773$$

取 $C_s = 2C_v = 2 \times 0.1773 = 0.3546$, $Q_p = 2.1041\text{m}^3/\text{s}$,查皮尔逊Ⅲ型频率曲线值表,由此计算出下河泉群在不同保证率下的资源量,计算结果绘制理论频率曲线图(图 1)。取保证率为 97% 的年均流量 $1.463\text{m}^3/\text{s}$ 作为水源地可开采资源量。

表 1 下河泉群流量经验频率法

序号	流量 Q_m (m^3/s)	经验频率 P(%)	出现年份	序号	流量 Q_m (m^3/s)	经验频率 P(%)	出现年份
1	2.8613	5.3	1986	10	2.0711	52.6	1993
2	2.5820	10.5	1989	11	1.9646	57.9	1994
3	2.5815	15.8	1987	12	1.9486	63.2	1992
4	2.5068	21.1	1990	13	1.9480	68.4	1999
5	2.3697	26.3	1988	14	1.8251	73.7	1996
6	2.2351	31.6	1991	15	1.7741	78.9	2001
7	2.2127	36.8	1998	16	1.6824	84.2	2000
8	2.1222	42.1	1997	17	1.5182	89.5	2002
9	2.1024	47.4	1995	18	1.4671	94.7	2003

表 2 下河泉群泉水年平均流量理论频率计算表

序号	流量(m^3/s)	年份	$K_1(Q_0/Q)$	K_1-1	$(K_1-1)^2$
1	2.8613	1986	1.3599	0.3599	0.1295
2	2.5820	1989	1.2271	0.2271	0.0516
3	2.5851	1987	1.2269	0.2269	0.0515
4	2.5068	1990	1.1914	0.1914	0.0366
5	2.3697	1988	1.1262	0.1262	0.0159
6	2.2351	1993	1.0623	0.0623	0.0039
7	2.2127	1997	1.0516	0.0516	0.0027
8	2.1222	1996	1.0086	0.0086	0.0001
9	2.1024	1995	0.9992	-0.0008	0.000001
10	2.0711	1991	0.9843	-0.0157	0.0002
11	1.9656	1998	0.9342	-0.0658	0.0043
12	1.9486	1994	0.9261	-0.0739	0.0055
13	1.9480	1999	0.9258	-0.0742	0.0055
14	1.8251	1990	0.8674	-0.1326	0.1760
15	1.7741	1992	0.8432	-0.1568	0.0246
16	1.6824	2001	0.7996	-0.2004	0.0402
17	1.6182	2002	0.7691	-0.2309	0.0533
18	1.4671	2003	0.6973	-0.3027	0.0916
Q_p	2.1041				0.5346

采用下河泉群泉水逐年均流量系列,计算方法同上, $C_v = 0.2148$, $C_s = 2C_v = 0.4296$, $Q_p = 2.098\text{m}^3/\text{s}$ 。计算结果绘制理论曲线图(图 2),取保证率为 97% 的月均流量 $1.337\text{m}^3/\text{s}$ 作为水源地可开采资源量。

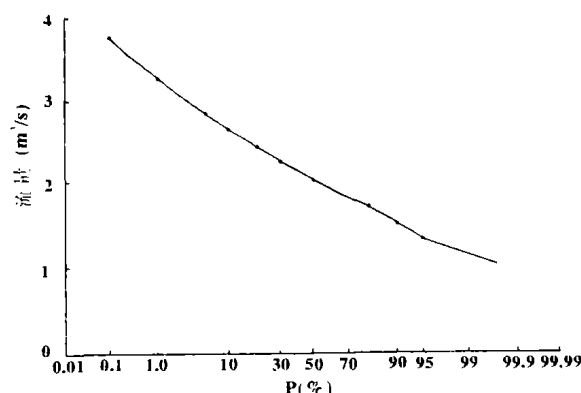


图 2 逐年月均频率曲线图

2 结束语

综上所述,按补给量法确定的可开采资源量为 $2.202\text{m}^3/\text{s}$ 。由于在计算地表水体渗漏补给量时,没有考虑其时变问题,将高平一带潜流补给量全部计入下河泉群子系统,因此计算的可开采资源量值偏大,并且越过了下河泉群泉水流量多年平均值,将动用弹性储存量,不宜取该值作为开采资源量,按排泄量法计算的可采资源量分别为 $1.321\text{m}^3/\text{s}$ 、 $1.476\text{m}^3/\text{s}$ 、 $1.430\text{m}^3/\text{s}$ 、 $1.463\text{m}^3/\text{s}$ 、 $1.337\text{m}^3/\text{s}$,相差不大,比较切合实际,取其平均值 $1.405\text{m}^3/\text{s}$ 作为下河泉水源地的可开采资源量。

参考文献:

- [1] 沈照理,刘光亚.水文地质学[M].科学出版社,1985.
- [2] 供水水文地质手册[M].地质出版社,1992.