

山丘区——泰莱谷地地下水资源 计算分析

郎丽如

(山东省水资源管理委员会办公室)

地下水资源计算工作涉及问题较多,特别是山丘区地下水资源计算方法异议较大:水文工作者往往采用基流切割方法,以基流量作为山丘区的地下水资源量;而水文地质工作者则强调地质结构;还有些搞地下水资源评价的工作者在山丘区根据不同的岩性,以“泉域”或“水库”分求降雨入渗补给系数来推求地下水资源量等。这些方法往往局限于各自的专业。笔者试图从水均衡法入手,在山丘区的一个水文地质单元里,重点对涉及山丘区地下水资源计算的几个量项进行综合分析,使现有的资料发挥更大的作用。或许能对山丘区的地下水资源计算工作起到参考的作用。

一、水文地质单元的选取

适宜于采用水均衡法进行地下水资源计算的水文地质单元必须是地下水的补给和消耗自成独立体系的含水层组合,也就是地下水的“汇水范围”。它受地质和水文地质条件的相互制约;还要考虑到地表水、地下水和大气降水在自然界里是水循环的统一整体,也就是“三水转换”问题。鉴于大汶河的上、中游地表分水岭的山顶和丘包处广布着泰山群变质岩(片岩、片麻岩等)和不同时代侵入的火成岩,也是最好的地下水分水岭(见图1),本文选取了临汶水文站以上区段,主要对北望水文站以上的莱芜市及泰安市的部分地区作分析。所采用的资料有水文年鉴、区测资料、钻孔资料及地下水动态观测资料。

大汶河有几处水文测站,它们的分布见图2,各站控制面见表1。

临汶站在北望站的下游,其控制面积为北望站控制面积的1.68倍,但它们的月径流量呈现如下情况:(1)从1956~1979年期间,临汶站较北望站月径流量少的月份为112个月,占24年的38.89%;(2)在修水库前的1956~1962年,临汶站较北望站月径流量少的月份有28个月,占7年的33%;(3)在汶口南北干渠修成前的1956~1962年,临汶站较北望站月径流量出现少的月份有73个月,占14年的43.5%。

由于河川径流量的大小直接影响河川基流量的数值,在未查清造成如上原因时,用河川基流量类比的方法计算山丘区同流域或不同流域的地下水资源量是不可取的。

在北望站以上的山丘区,山间谷地的地形、地貌特征有利于径流的汇集和降水的渗入。而渗入地表下的地下水的运移与储存性能取决于介质的结构、性质及介质存在于山丘区的部位。汶河流域的山顶、丘包及谷坡处的岩性和地貌控制了由大气降水渗入表层下的地下水,

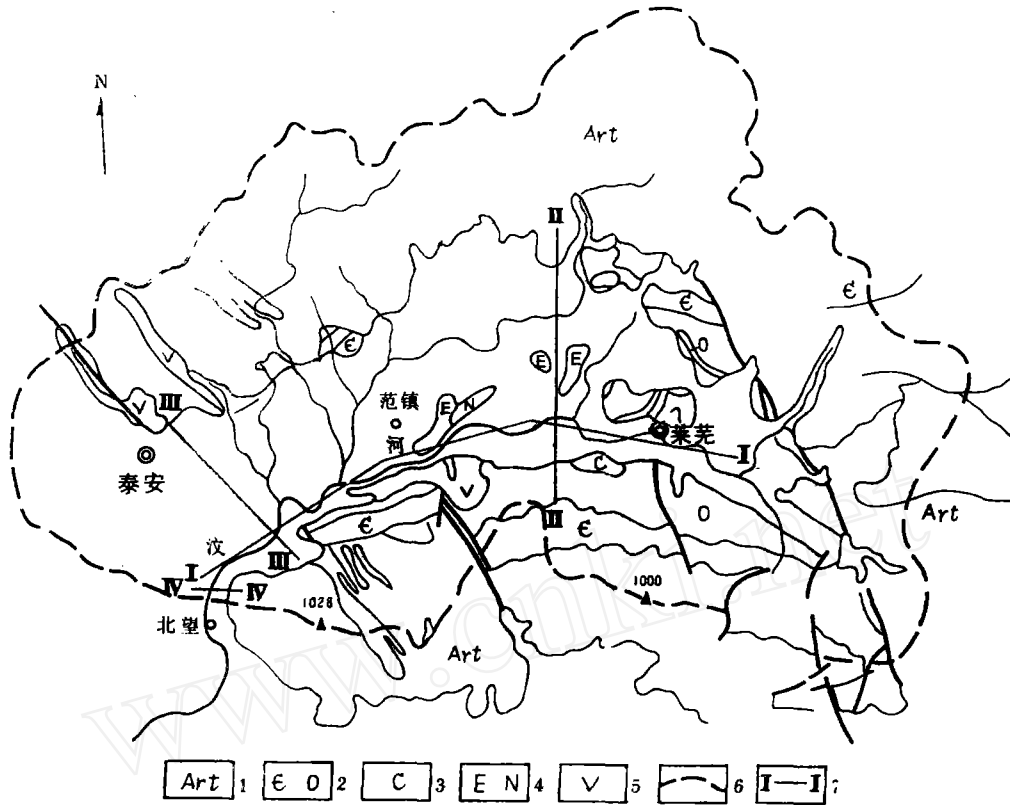


图1 计算区地质图草图

- 1. 泰山群；
- 2. 寒武系及奥陶系地层；
- 3. 石炭系地层；
- 4. 下第三系及上第三系；
- 5. 各时期侵入岩；
- 6. 水均衡单元界线；
- 7. 剖面线

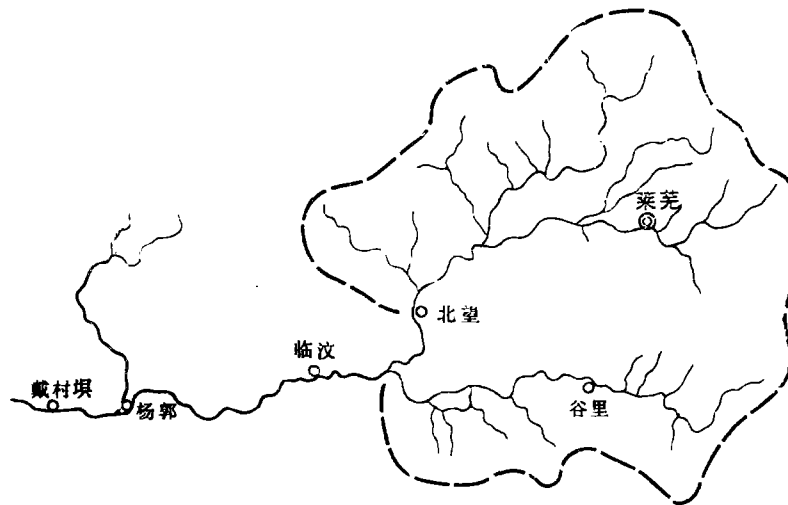


图2 大汶河流域水文测站分布图

表1 大汶河流域各水文测站控制面积

水系	河名	站名	控制面积 km ²	河长 km	备注
大汶河	北支	莱芜	763	46.4	
		北望	3499	99.8	
	南支	谷里	816	65.5	
		临汶	5876	131.5	
		戴村坝	8264	194.6	
	汇河	杨郭	1197		

它部分地呈浅部循环(视裂隙发育深度而定),或为短距离内排泄的地表水,或为垂直下渗而汇集于谷坡及谷底的地下水。底部的灰岩及第四纪堆积层除直接接受大气降水的补给外,还承受山顶及谷坡的地下潜流。再加上谷底上部为黄土状亚粘土或亚砂土,下部为中粗砂夹砾石,其基底有的是不透水的第三系地层,有的是导水性能较好的奥陶系灰岩,因此很有利于地下水的运动和赋存。山间谷地的广阔堆积层上发育着河流与谷口流出的小溪水,而汶河干流位于谷地的南侧。笔者根据河谷地段的特征,将汶河的陈盘龙以下一段作为河流的中游(见图3)。这一段河流的纵比降为1/650。丰富的地下水就在此间储存、运移,中游下端的北望站位置便是河川基流量及河谷潜流量的出口处。

二、山丘区地下水资源计算

山丘区的地下水为基岩裂隙—孔隙水类型。依据水均衡原理,即地下水的补给量与排泄量相等的原理,在天然状态下某地区多年地下水的降水入渗补给量 V_p 应为河川基流量 R_g 、潜水蒸发量 E_g 、河谷潜流量 V_g 以及蓄积(水)体蓄存量变量 Δv 之和,即:

$$V_{p\text{多均综补}} = R_g + E_g + V_g \pm \Delta v \quad (1)$$

在多年均衡的情况下,蓄积体蓄存量变量应为0,于是公式可写成:

$$V_{p\text{多均综补}} = R_g + E_g + V_g \quad (1a)$$

当前要恢复到天然状态极其困难,甚至不可能,因此在现有条件下,可以下式表示:

$$V_{p\text{多均综补}} = R_g + E_g + V_g + V_{\text{开净}} \quad (2)$$

式中, $V_{\text{开净}}$ 为地下水开采净消耗量(夺取的河川基流量、河谷潜流量及多年调节的蓄水体变量,在地下水埋藏较浅的地区,还夺取部分潜水蒸发量)。

由于增加了开采净消耗项,其他各项会相应地减少。山丘区由于地质环境的差异,通过降水入渗的途径计算大气降水补给地下水量难度很大,只能通过排泄的途径计算。所求的总排泄量如不引起水文地质环境恶化,则可以作为多年平均浅层地下水允许开采量,并且作为水利规划和农业区划的地下水资源量。

①等式右边的各项皆为多年平均量,下同。

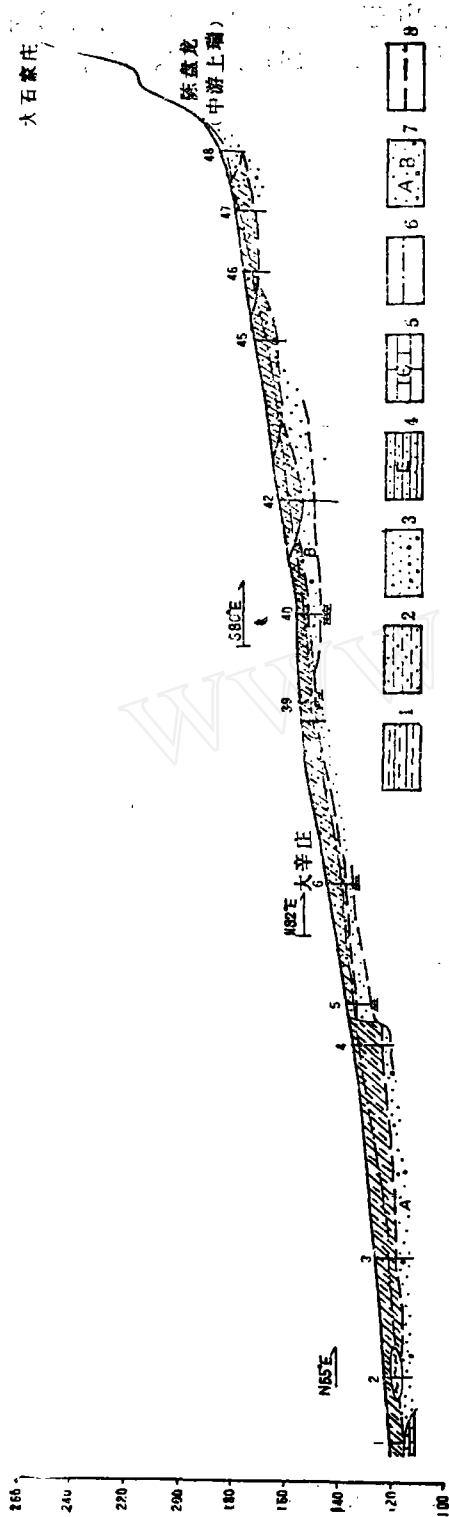


图3 汶河沿岸纵断面地质图

1. 亚粘土; 2. 亚砂土; 3. 砂夹砾石; 4. 砂岩; 5. 灰岩; 6. 开采前地下水位; 7. 蓄水体; 8. 开采后地下水位

(一) 排泄量各项的含义

1. 河川基流量: 山丘区河川径流量是由坡面流、壤中流及浅层地下水的渗入等几部分组成, 河川基流量即指浅层地下水渗流入河床的量。

2. 河谷潜流量: 是指绝对下限为水文地质单元排泄口的“地下水墙”墙顶以上的地下水量。

3. 浅层地下水开采净消耗量: 为各种目的提取地下水的总量与使用过程中回补给地下水量的差值。

4. 蓄积体蓄存量变量: 蓄积体也叫蓄水构造(见图3、4), 是含水层和隔水层按着一定的有利于蓄水的构造组合形成的, 也可以说是某一地下水类型赖以形成、聚集和运动的特定地质环境, 即地下水库。不同蓄水构造的含水层无论从埋藏条件、补给来源以及地下水的质与量上来看均有很大差别。就某一蓄积体而言, 蓄存量的多年均值应是一个恒量, 随每个蓄水构造的结构型式而定。由于人工提取的存水量不一而引起“地下水库”水位变化, 即水量变化, 称作蓄存量变量。

(二) 各项量的计算

计算时选与计算地表水资源相对应的时段, 即1956~1979年。

1. 河川基流量 R_E 的计算

河川基流量是山丘区地下水的主要排泄量。它仅指直接接受降水补给的积极交替带的上部浅层地下水出流量, 也就是含水层中的潜流量。山丘区河川基流量的求得方法很多, 当前主要采用切割方法求得。现作如下分析:

(1) 从北望站1956~1979年河川径流量与降水量对应曲线(见图5)看出: 24年中, 降水与河川径流量起峰(流量>20米³/秒)的关系为: 月降水量大于

40mm时, 河川径流量在当月或下月起峰, 起峰的时间集中于五、六和七月, 其中3年(1963、1964和1965年)集中在五月份, 占12.5%, 7年(1956、1957、1958、1959、1962、

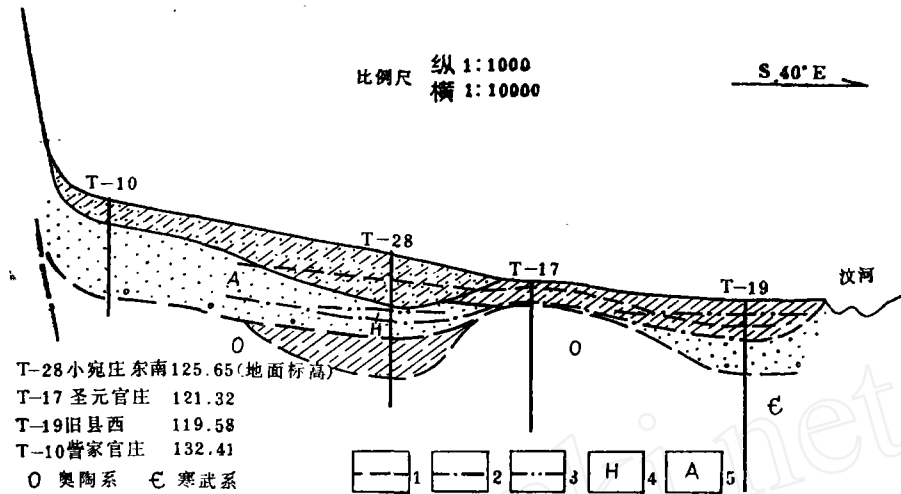


图4 警家官庄—旧县西地质剖面图

- 1. 开采前地下水位; 2. 开采后地下水位; 3. 地下水平均水位;
- 4. 蓄水体降落高度; 5. 蓄水体

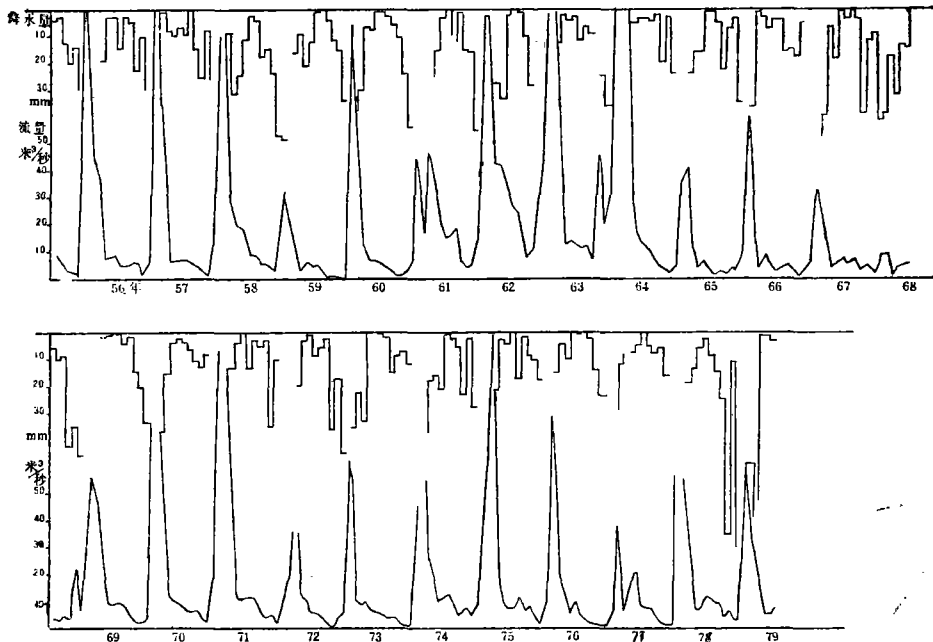


图5 北望水文测站月平均径流量与汶河流域月降水量对应图

1971和1979年)集中在六月份,占29%,其余13年(除去1968年)集中在七月份,占54%。还可看出,月降水量小于40mm时,其河川径流量过程线起伏变化是缓慢的。1968年降水量449mm,而它的分配如表2所示:

表2 研究区1968年各月降水量分布

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
降水量(mm)	7	1	7	78	24	18	82	78	35	64	26	29

虽在四、七、八和十月降水量超过40mm,但仍未起峰。这说明河谷地带三水转换关系有自己的特点,还可以看出河谷地带地下含水层有充裕的储水空间。

(2) 河谷地带的地下水位自1975年开始观测^②。从1975—1979年莱芜地段的地下水位虽在一年中有变化,但每年的始末水位基本趋于一致。泰安市的郭灌庄在1978年11月以后,前燕庄在1979年10月以后地下水位出现下降(其幅度为1.2m)的趋势,而郭灌庄从1979年初至1979年末仍未恢复到前几年的水位。从1974年到1979年的降水量分别为803、685、15、588、745和652mm,6年平均降水量为665mm,较24年平均值低5%。

基于以上两点,河川基流量用统计法进行计算较适宜。现对北望水文测站1956—1979年河川径流量的实测资料进行分析:

(1) 水文测站月径流量大小规律

大汶河干、支流上于1958年以后兴建了雪野、黄前、杨家横等十多座大、中型水库,1963年以后水利工程陆续投入使用。但是经过统计发现,北望站从1956—1979年按月经流量由大而小的排列次序为:

7(11)^③, 8(14), 9(11), 10(9), 11(7), 11(6), 12(5), 1(5), 3(8), 3(8), 4(9), 5(11);

而1956—1962年北望站月平均径流量由大而小排列次序为:

7(4), 8(3), 9(4), 10(3), 11(4), 1(2), 12(2), 1(3), 2(3), 3(3), 5(3), 5(3)。

由此可以看出,水利工程使用前后规律基本一致,吻合率达9/12,即75%。

(2) 汶河流域降水规律

1956—1979年汶河流域年平均降水为701mm^④,24年月降水量递减的顺序如表3所示:

(3) 根据上述月径流量递减的排列型式并考虑到丰年、平年和枯年等各种情况,用统计法计算。这相当于基流平割法。虽可避免人为误差,但计算结果往往偏小。然而因为此量是与河川径流量的重复部分,对计算水资源总量没有影响,故此方法还是可取的。计算结果列于表4:

②莱芜市地下水位从1975年开始观测,泰安市从1976年开始观测,所以地下水水位以1975、1976年为基准。

③括号内为24年中每年月平均流量最大月份出现的次数,于是七月份的概率 $P(7) = 11/24$ 。

④资料引自山东省水利厅水情组。

表3 1956—1979年汶河流域各月降水量分配

月 份	7	8	6	9	4	10	5	11	3	12	2	1
占年降水量%	32.4	21.57	12.37	9.01	6	5	4.74	2.72	2.3	1.43	1.34	1.1
折合降水量(mm)	227.38	151.22	86.72	63.17	42.06	35.05	32.94	19.14	16.12	10.03	9.39	7.71

表4 利用统计法计算的河川基流量

单位: 亿方/年

类 别	最枯一个月 平 均	最枯三个月 平 均	最枯八个月 平 均	九个月保证 径 流 量	备 注
24年平均	0.555	0.959	2.113*	1.730*	
56~62	0.462	0.814	2.490	1.857	修工程前
64	2.031	3.241	5.963	4.202	丰水年: 符合全省规律
68	0.281	0.518	1.120*	1.293*	枯水年: " "
73	0.272	0.654	1.326*	1.309*	平水年: " "
75~78	0.326	0.620	1.505*	1.306*	未引起地下水位下降年段
79	0.631	1.098	1.915	1.545	

从表4中到底选用哪个结果作为河川基流量较符合实际呢?

首先,采用最枯水月份或最枯水三个月的平均值显然偏低。因为这时的降水在整个区域形不成基流,而此时正值春灌,提取地下水较大,本来可流入河床的潜流亦被提取灌溉田地。

其次,采用枯水季节8个月平均值,能克服春灌时集中提取地下水所引起的数值偏差,但它本身的多均值与平水年值及实际地下水位观测值相差较大,难取恰当的数值。

第三,去掉不具代表性的丰水年、修工程前各年及1979年(因泰安市的地下水位下降),筛选后剩余数值如表4中带*号者。平均值为1.465亿方/年。

最后通过分析,认为河川基流量采用1.306亿方/年或1.309亿方/年为宜。理由是:

A. 虽然此值与平均值1.465亿方/年的差值不属于最小,但所遇到的次数最多,即 $P(1.306) = 4/8 = 50\%$;

B. 1975—1978年地下水位基本未改变,而这个量是在4年平均降水667.2mm及1973年降水量698mm时的值;

C. 采用平水年而比值偏低的数值还因为:现在降水量仅为1956—1979年24年的统计值,但山东省多年平均降水量大约在60年左右才趋于稳定^⑤,因此用24年的雨量统计(水资源的源)较多年平均值偏大;

D. 1963年以后,大力发展井灌;北望站以上建有大、中型水库13座,控制面积1338.5km²,在1970年以前投入使用的10座;小型水库^⑥18座,控制面积126.95km²。因

⑤山东省水利厅水资源组,1981,山东省水资源初步调查评价。

⑥指库容0.1—0.01亿方的水库。

此采用1.306亿方/年具有代表性。

总之，采用1.306亿方/年为浅层地下水出流量，其值较实际略有偏小，但是可靠。它占北望站24年实测河川径流量平均值7.946亿方/年的17%。

2. 浅层地下水开采净消耗量 $V_{\text{开净}}$ 的计算

山间谷地地下水开采主要为了农田灌溉、人畜用水、工业用水及矿山排水。这一部分主要源于地下水的潜流量（即流向河川的）及蓄水体的蓄存量变量。由于山丘区的地下水力学特征决定了这部分蓄存量变量与潜流量在提取地下水过程中是不好截然分开的。蓄水体的水量也是与大气降水和地表水体有直接联系的浅层地下水。

(1) 谷地中蓄水体的展布及大小

北望水文站以上区域面积为3499 km^2 ，根据钻孔地质资料、动态观测资料及泰安地区1975—1979年实报井灌面积确定宜井灌区340 km^2 （图6）。

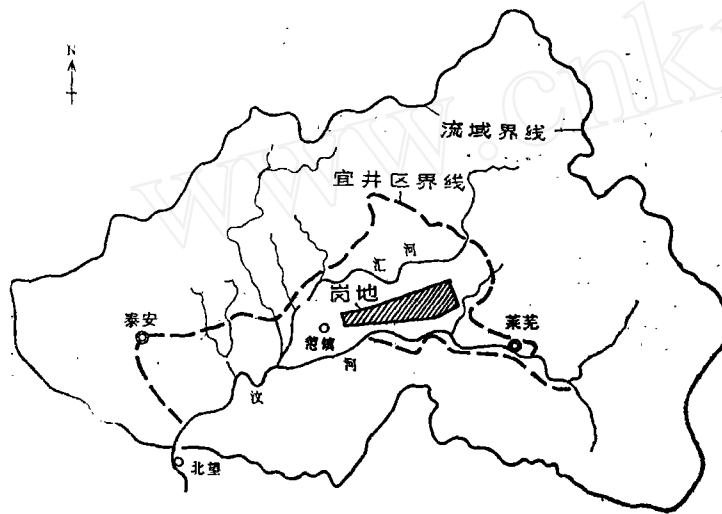


图6 宜井区分布图

从大量钻孔资料得知：宜井区表层为亚砂土和亚粘土，厚度4—10mm不等，其下一般为中粗砂或粗砂夹砾石。有的地段亚粘土直接与基岩接触^⑦。从剖面图（图3和4）得知，蓄水体A和B枯水期水位低于河床天然排泄口（垂直河流方向），而且平行河流的方向，即北望站以北是为古老地层所截。这些蓄水构造的水量就是农田灌溉的水源，同时由动态资料获知，这些“水源地”在开采过程中可以靠天然过程重新补满。从

剖面中还了解到，由于前第四纪侵蚀基面高低不一，因此谷地在纵、横方向上分布着大小不等和厚度不一的多个蓄水构造。这些蓄水构造的底部有的是不透水的第三系粉砂岩、粘土岩，有的是既透水又蓄水的寒武、奥陶系灰岩。从深孔揭露的地质资料看，灰岩的溶蚀现象及裂隙发育深度一般在50—120m不等，而这部分灰岩主要集中在图4的剖面底部，分布面积约82 km^2 。

莱芜城南南部及东部的汶河南岸为奥陶系灰岩中的地下水排泄区和蓄积区（富积地下水），也是井灌区。河道的松散砂层虽然不是宜井区，但是是地下水的富集地带。

总括起来，蓄水体分三大部分：A. 第四系的中粗砂及中粗砂夹砾石，面积约340 km^2

^⑦在井灌区位置划了5条垂直河流的地质剖面，因附图太多，省略了3条。

(从多个剖面确定为蓄水体面积加 100km^2 河道面积),平均厚度 7m (从多个纵、横剖面平均);B.隐伏灰岩,面积约 82km^2 ,裂隙发育带 50m ;C.莱芜城南部及东部的灰岩地下水排泄区和蓄积区。此处深钻孔较少,而灰岩裂隙岩溶发育无规律。

(2) 地下水开采净消耗量

A. 井灌开采净消耗量

北望测站以上有井灌面积约40万亩(由地质资料核定),其中泰安市和莱芜市各占20万亩。近几年提取了大量的地下水用于灌溉,但所用水量有些是前几年的,因此作为多年平均的井灌亩数以35万亩为宜,即泰安市15万亩^⑧,莱芜市20万亩。灌溉定额泰安为 $400\text{方}/\text{亩}\cdot\text{年}$ ^⑨,莱芜取 $426\text{方}/\text{亩}\cdot\text{年}$ ^⑩,回归系数 0.1 ^⑪,则井灌净消耗量为:

$$(15 \times 10^4 \times 400 + 20 \times 10^4 \times 426) \times (1 - 0.1) = 1.3068 \text{ 亿方/年}$$

B. 矿山排地下水量

据莱芜市对1980年矿山排地下水调查报告,矿山排水量为 $8088\text{万方}/\text{年}$,回归系数取 0.4 ,则实际排水量为:

$$8088 \text{ 万方/年} \times (1 - 0.4) = 4853 \text{ 万方/年} = 0.4853 \text{ 亿方/年}$$

C. 工业用水、城镇及农村人畜用水

按 $1.3\text{亿方}/\text{年}$ (其中莱芜市 $0.72\text{亿方}/\text{年}$)^⑫,回归系数为 0.5 ,则

$$1.3 \times (1 - 0.5) = 1.3 \times 0.5 = 0.65 \text{ 亿方/年}$$

所以地下水开采净消耗量为:

$$V_{\text{开净}} = A + B + C = 2.4421 \text{ 亿方/年}$$

这部分地下水开采净消耗量源于地下潜流及蓄水体的变量(图4)。从多个剖面得知:其蓄水体变量高度不一,从 1m 到 4m 不等。从资料分析得蓄水体变量的面积(1975—1979年)为 140km^2 ,平均高度 1.5m 。岩性多为亚砂土或粗砂夹砾石,取其孔隙率为 0.36 ^⑬,则蓄水体变量为:

$$14 \times 10^7 \times 1.5 \times 0.36 = 0.756 \text{ 亿方/年}$$

因此多年平均开采净消耗量应减去蓄水体变量:

$$2.4421 - 0.756 = 1.686 \text{ 亿方/年}$$

3. 潜水蒸发量 E_g

在井灌区里,对74眼长观测井进行了埋深统计,每年有三分之一时间地下水埋深小于 3m 的仅有30眼井,它们分布在莱芜杨庄、羊里、寨里和口镇诸公社的部分地区。由于出现小于 3m 的时间短(按全年时间计算仅占10眼井,为74眼井的14%),故潜水蒸发量可忽略不计。

⑧ 15万亩,为实地调查数,泰安市北望站以上的井灌区有泰山、省庄、范庄、邱店、山口、朱店和北集坡公社的一部分。

⑨ 宗占山,1981,泰安县地下水资源计算方法。

⑩ 李银生等,1982,莱芜县关于地下水开采现状调查总结。

⑪ 姜明武,耿树德,1981,山东省浅层地下水资源估算。

⑫ 同⑩

⑬ 未在本地区作试验,为引用数。

4. 河谷潜流量 V_g

北望站河底高程120m，河床两岸的表层为亚砂土，厚度3—5m不等（图7），底部为粗砂夹砾石。取潜水断面 $L=4000m$ ，厚度 $B=4m$ ，地下水力坡度 $I=1/500$ ；渗透系数 $K=141m/日$ ^⑩，则

$$\begin{aligned} Q &= KIBL \\ &= 141 \times 1/500 \times 4 \times 4000 \times 365 \text{ 万方/年} \\ &= 0.0165 \text{ 亿方/年} \end{aligned}$$

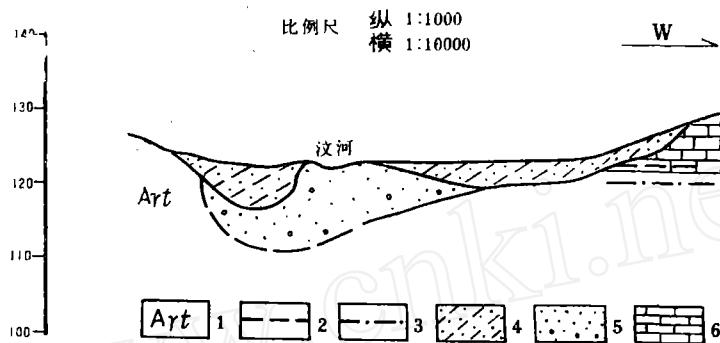


图7 河谷潜流量计算剖面（图1剖面Ⅳ）

1. 泰山群片岩、片麻岩；2. 1975—1979年平均最小地下水埋深线；3. 1975—1979年平均最大地下水埋深线；4. 亚砂土；5. 砂夹砾石；6. 灰岩

（三）各排泄项量占总补给量的比数

按照（2）式：

$$V_{p多均综补} = R_g + E_g + V_g + V_{开净} = 1.306 + 0 + 0.016 + 1.686 = 3.008 \text{ 亿方/年}$$

分析（2）式，开采净消耗量即是河谷潜流量，可以将（2）式改写成如下形式：

$$V_{p多均综补} = R_g + V_g \text{ [包括开采净消耗（包括蓄水体变量）]} + E_g \quad (2a)$$

计算结果为：

- 基流量 R_g 占多年综合补给量 V_p 的43.42%；
- 河谷潜流量 V_g " " 56.58%；
- 开采净消耗量 $V_{开净}$ " " 56.05%。

由此可知，流出计算区的河谷潜流量占多年综合补给量的0.53%，即在现有条件下，开采净消耗量几乎全部夺取了河谷潜流量。

（四）开采净消耗量夺取河谷潜流量的验证

本区的井灌事业如同全省其他地区一样，是1960年以后迅速发展起来的。由于提取地下

⑩同⑨。

表5 井灌前与井灌期间北望站实测月径流量

单位: 亿方/月

年份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
井	56	0.2469	0.1398	0.0785	0.0511	0.0161	3.2141	2.8391	1.1785	0.9228	0.1888	0.1970	0.2705
	57	0.1294	0.1149	0.1599	0.1522	0.0404	0.1399	12.4010	3.1069	0.7672	0.1677	0.1638	0.1899
	58	0.1778	0.1447	0.1256	0.0687	0.0340	0.3292	2.3088	4.5533	0.7387	0.5384	0.4899	0.3294
	59	0.2346	0.2001	0.1345	0.1524	0.0801	0.3007	0.8758	0.5116	0.2177	0.0605	0.1814	0.1157
灌	60	0.1551	0.0522	0.0187	0.0140	0.0094	0.0054	2.5739	1.2214	0.3136	0.1851	0.1708	0.1497
	61	0.1361	0.0927	0.0311	0.0296	0.0809	0.1705	1.199	3.716	1.170	0.9656	0.5334	0.3955
前	62	0.4263	0.4556	0.1797	0.0844	0.1375	0.3759	3.324	5.539	1.110	1.143	0.9283	0.7608
	Σ	1.5062	1.2000	0.728	0.5524	0.3984	4.5357	25.5216	19.8267	5.240	3.2491	2.6646	2.2115
	cp	0.2152	0.1714	0.104	0.0789	0.0569	0.6480	3.6459	2.8324	0.7486	0.4642	0.3807	0.3159
7年平均年径流量: 9.6621													
井	63	0.6814	0.3949	0.1937	0.2787	0.7750	1.063	6.967	3.920	1.328	0.3247	0.3761	0.3215
	64	0.3082	0.3116	0.1726	1.135	0.5162	0.8396	6.662	7.096	9.588	1.043	0.4470	0.3573
	65	0.3134	0.2032	0.1178	0.0956	0.0533	0.0853	0.9776	1.1115	0.3084	0.0913	0.1809	0.1114
	66	0.1160	0.0295	0.0986	0.0174	0.0016	0.1838	3.6426	0.7071	0.1200	0.1104	0.0638	0.1146
	67	0.1152	0.1384	0.0820	0.0218	0.0710	0.1265	0.8651	0.5973	0.3318	0.1079	0.1545	0.2397
	68	0.155	0.1785	0.0627	0.1309	0.1098	0.0441	0.2242	0.2494	0.0231	0.1323	0.1441	0.1540
	69	0.0996	0.0614	0.1334	0.0879	0.5651	0.1918	1.1437	1.5240	1.2001	0.5946	0.2354	0.2314
灌	70	0.2611	0.2088	0.1154	0.0588	0.0522	0.0975	4.1783	2.0945	0.9953	0.3268	0.2514	0.2384
	71	0.1851	0.1507	0.1808	0.1143	0.0362	0.4458	2.7855	2.9462	1.3945	0.3830	0.2670	0.3134
	72	0.2919	0.2613	0.1671	0.0780	0.0940	0.0417	0.3562	0.5250	2.5194	0.3268	0.2618	0.1369
	73	0.1406	0.0687	0.0407	0.0224	0.1112	0.1607	1.6553	0.2839	0.2094	0.2678	0.1721	0.1387
期	74	0.1393	0.0728	0.1112	0.0420	0	0	1.1142	4.1515	0.6428	0.3830	0.2377	0.3134
	75	0.3482	0.1923	0.1045	0.2068	0.0782	0.2154	1.4490	1.7195	2.8771	0.5491	0.2260	0.1178
	76	0.1910	0.2710	0.1363	0.2055	0.0862	0.0321	0.2786	2.1427	0.4795	0.1535	0.1122	0.1331
间	77	0.1240	0.0639	0.0206	0.0004	0.0118	0	1.4142	0.9937	0.1649	0.5116	0.5495	0.2298
	78	0.1926	0.1674	0.0771	0.0104	0	0.0231	4.5265	1.2401	0.4925	0.1350	0.1895	0.2352
	79	0.277	0.216	0.102	0.179	0.0536	0.532	1.62	0.842	0.389	0.124	0.127	0.189
	Σ	3.9396	2.9904	1.9165	2.6849	2.6154	4.0824	39.8600	32.1444	23.0638	5.5648	3.9960	3.5756
	cp	0.2317	0.1759	0.1127	0.1579	0.1538	0.2401	2.3447	1.8908	1.3567	0.3273	0.2351	0.2103
17年平均年径流量: 7.437													

水，致使流向河床的潜流量和流出该区的潜流量减少，表现在河川径流量的减少，可用表 5 说明。

在北望以上的水文地质单元里，水资源与雨量息息相关。从表 5 知，1656—1962 年的平均河川径流量为 9.6621 亿方/年，在此期间的年平均降水量为 723mm。井灌期间的 17 年年平均降水量为 692mm。如果不进行井灌，按比例应产生河川径流量 9.2478 亿方/年（即 $723:9.6621 = 692:x$ ， $x = 9.2478$ 亿方/年）。但从表 5 知：实测井灌期间的平均值为 7.437 亿方/年。二者的差值 1.8108 亿方/年即为开采所夺取，未能转换成河川径流量。该值与开采净消耗量 1.686 亿方/年的差值 0.1248 亿方/年应与流出计算区的河谷潜流量合并。

三、几点认识

1. 笔者论述到蓄水体的展布与大小，指出了其分布范围及蓄水空间的位置，意在地下水资源的定量评价中将本质的东西反映出来，希望从事这项工作的同志注意地下水赋存条件的研究。当然，“地下水库”能够开发多长时间？而又需要多长时间重新补满？这些问题须由进一步的地质研究及地下水动态观测工作来回答。

2. 在文中可以看出，在无地下水流边界的地表、地下分水岭重合的区域里，为提高地下水资源计算成果的精度，除了须搞清楚地质结构外，还需要作好地下水实采量的调查统计及地下水观测网的布设与观测工作。

笔者想根据山丘区的地质结构，通过分析山丘区地下水资源的几个排泄项来探讨计算山丘区地下水资源的方法。不妥及错误之处敬请批评指正。

笔者在撰写本文过程中，得到了省水利厅孙贻让，省水文总站张经之、姜明武，省地质矿产局李春山等同志的大力帮助。泰安市水利局张宝泉、宗占山及莱芜市李银生等提供了大量基础资料，李国英等帮助复制图件。在此深表谢意。

参 考 文 献

- 〔1〕美国土木工程学会地下水委员会编，1972（李连弟等译，1982），“地下水管理”。中国建筑工业出版社。
- 〔2〕〔日〕柴崎达雄，1976（王秉忱等译，1982，），地下水盆地管理。地质出版社。
- 〔3〕郎丽如，1983，南四湖形成问题初探。海洋湖沼通报，第 1 期。

ESTIMATION AND ANALYSIS OF GROUNDWATER RESOURCES
IN THE TAI-LAI VALLEY IN SHANDONG

Lang Liru

(*The Water Resources Management Commission of
Shandong Province*)

Abstract

Based on the conception of water isostatic compansation, the regional geomorphological and structural features and a good deal of core-drilling data, the author studied the regularities of the supply, runoff, storage and drainage of groundwater in the Tai-Lai valley (basin) in Shandong Province during the 1956-1979 period by synthesizing and analyzing the actually measured quantities of runoff of the rivers and the data recorded on the groundwater conditions of the region.

A formula for the calculation of the mean overall supply of the groundwater in the hilly land at the present conditions (i. e. at the conditions of water conservancy facilities available) is given. The emphasis is placed on the general analysis and test of the terms in the formula in the calculation of groundwater resources in the hilly land region, which is expected to have some contribution to this kind of controversial calculations.