

# 测温法在基岩山区找水工作中的应用

李凡生

(机械工业部第三勘察研究院 武汉 430030)

**【摘要】** 常温下同一地区的地面水和地下水存在着一定的温度差异,这两种水体之间的渗透补给会使这种温差产生变化。本文提出的测温法就是基于这一变化特点,通过对山区河流水温的测量,推算出地下水向山区河流的排泄量,从而达到寻找地下水源,定量地评估地下水量的目的。

**【关键词】** 测温法 地下水源 基岩山区

**【Abstract】** There is certain temperature difference between the surface water and groundwater in the same area in normal temperature. Percolation and supply between this two kinds of water can make this difference change. This paper proposed the surveying temperature method based on this change. Through the surveying of river water temperature in mountain area to deduce the drain volume from groundwater to river, and to search groundwater resources and assess in quantity the groundwater.

**【Keywords】** Surveying temperature method, Groundwater resources, Bedrock mountain area

## 0 前言

地下水是水资源的一个重要组成部分。在我国,丘陵山区占有很大的面积,这里的地表水往往不能满足人们的生产和生活用水的需求;特别是在北方的山区,河谷短小,植被较少,水源奇缺,干旱现象非常严重,寻找地下水的工作就显得更加迫切,更加重要。我们在山区找水的主要任务是查明地下水的聚集、排泄地段,圈定富水带并确定其流量。但由于山区地质条件及地形地貌的复杂性,给寻找地下水工作带来很大困难。本文拟对采用测温法在基岩山区寻找地下水源的工作做一探讨。

## 1 山区水文地质特征及找水方法

山区地下水主要有构造破碎带中的裂隙水,岩溶地段的岩溶水以及坡积、洪积、冲积的河谷孔隙水。在山区,各种类型的地下水交替存在,含水层分布、埋藏条件复杂;

富水性不均一,水位水量变化幅度大,加上地下水具有各种运动状态,从而给山区找水工作带来很大的困难。

山区地下水受岩性、地质构造、地形地貌、气候以及侵蚀基准面等条件所控制。地下水由大气降水渗入补给后,沿着裂隙、孔隙、溶洞、溶隙和各种张开性断裂带径流汇集,最后为当地水文网所排泄。这种特征在河谷的中上游地段普遍存在,为山区找水带来了有利条件。

寻找地下水源一般有水文地质调查、地球物理勘探、钻探、抽水试验、实验室分析及对地下水的长期观测等几种常用方法。在山区找水工作中,由于受地形地貌的限制,难以布设地球物理勘探,上面的诸种方法在山区找水中都受到一定程度的制约,效果不很理想。测温法找水通过对山区河流水温的测量,计算出地下水向山区河流的排泄量,

从而达到寻找地下水源、定性定量地评估地下水量的目的。该方法技术原理可靠,操作过程易于掌握,是一种较为有效的找水方法,

## 2 测温法找水的工作原理

大气温度对地表水温度和地下水温度的影响是不同的,差别很大,因而,常常使同一地区的地表水温度与地下水温度有所差异。

在气温相对稳定的条件下,地面水流的温度随地下水排泄补给的数量大小而变化着;在地下水排泄补给河水的水量较大的地段,河水的温度便出现较大幅度的异常。从“热量守恒”方面分析,便可以圈定地下水聚集排泄的富水地段,进而确定地下水排泄量。

根据河水和地下水流量平衡及热量平衡列出计算公式:

$$\begin{cases} Q_{i+1} = Q_i + Q_{d1-(i+1)} & \text{流量平衡 (1)} \\ Q_{i+1} \cdot t_{i+1} = Q_i \cdot t_i + Q_{d1-(i+1)} \cdot t_d & \end{cases}$$

$$\text{热量平衡 (2)}$$

得

$$Q_{d1-(i+1)} = Q_i \frac{t_i - t_{i+1}}{t_{i+1} - t_d} \quad (3)$$

$$Q_{d1-(i+1)} = Q_{i+1} \frac{t_i - t_{i+1}}{t_i - t_d} \quad (4)$$

$$t_d = \frac{Q_{i+1} \cdot t_{i+1} - Q_i \cdot t_i}{Q_{i+1} - Q_i} \quad (5)$$

式中:  $Q_i, Q_{i+1}$ ——分别为上游点及下游点的河水流量;

$Q_{d1-(i+1)}$ —— $i$ 与 $(i+1)$ 两点间的地下水排泄量;

$t_i, t_{i+1}$ ——分别为上游点及下游点的河水温度;

$t_d$ ——地下水温度。

按地段上游断面流量 $Q_i$ 计算:

$$Q_{d1-i} = Q_i \frac{t_i - t_i}{t_i - t_d} \quad (6)$$

按地段下游断面流量 $Q_{II}$ 计算

$$Q_{d1-II} = Q_{II} \frac{t_i - t_{II}}{t_i - t_d} \quad (7)$$

式中:  $Q_{d1-i}$ —— $I$ 与 $i$ 两点间的地下水排泄量;

$Q_{d1-II}$ —— $i$ 与 $II$ 两点间的地下水排泄量;

$Q_I, Q_{II}$ ——分别为 $I$ 及 $II$ 两断面处的河水流量;

$t_i, t_{II}$ ——分别为 $I$ 及 $II$ 两断面处的河水温度;

$t_i$ —— $i$ 点处的河水温度;

$t_d$ ——地下水温度。

根据温度异常地段的数据(各观测点位置、河水温度、控制断面流量、地下水温度等),利用公式(6)或(7)列表计算,即可得出地下水的排泄量,并可绘制出较为直观的温度、流量与点位距离的关系曲线。

## 3 测温法找水的工作方法

### (1) 测温计的精度要求

测气温用的水银温度计,刻度要求为 $0.5 \sim 1^\circ\text{C}$ 。测水温用的温度计刻度要求为 $0.05 \sim 0.1^\circ\text{C}$ ,精度为 $0.1^\circ\text{C}$ ,使用范围为 $0 \sim 30^\circ\text{C}$ ;测水温最好用半导体热敏电阻温度计[传感器量测的温度转化为电桥上的电位差,再经过放大器放大后显示在计数器(或读表)上],我们通过计数器可以很方便快捷地得知量测水体的温度。

### (2) 观测点距和线距

水温观测点布设应根据地质构造和水文地质条件的复杂程度以及河水面宽度而定。通常沿河床方向布设观测线,其点距在较简单的地段,沿河床方向观测线上的点距 $50 \sim 100\text{m}$ ,线距 $3 \sim 5\text{m}$ ,发现温度异常应加密至点距 $10 \sim 20\text{m}$ ,线距 $2 \sim 3\text{m}$ ;在复杂的地段,点距 $20 \sim 50\text{m}$ ,线距 $2 \sim 3\text{m}$ ,发现异常加密点距 $5 \sim 10\text{m}$ 。

水中施测位置

河水深度小于 $1\text{m}$ 应放在河水的下半部

施测，河水深度大于1m应距河底每隔0.5~0.7m测一次。

(3) 根据测温结果作出水温、气温与点位的关系曲线

①若河水温度稳定或向河口逐渐增高，没有明显的温度异常，这说明只有一般性的风化裂隙，没有集中排泄的地段；

②在地下水有局部聚集排泄补给河水的情况，河水温度曲线向河口逐渐降低或升高，出现明显的温度异常地段（或地点）；但这时应注意有无因支流水温比主流低所产生的异常现象，特别在较大河流的中下游常常会因汇流途径相对较短而出现这种情况。有时还应注意因有沼泽水流入而出现的河水温度异常。

(4) 为了计算地下水的聚集排泄量，应取得该地段地下水水温及其上游（或下游，最好上下两个都取用以做相互验证）水流断面的流量数据。为此应进行测流工作（用流速仪或用水堰法，如用浮标法，先应测定其折算系数，误差应小于10%）。

在河水流速不小于0.2m/s，河水与地下水温差或上下游河水的温度异常值不小于3℃时，计算的地下水流量较为可靠。因此，最好选在炎热天气或寒冷天枯水期进行观测工作。

#### 4 工程实例

刘家峡某地段地下水从玢岩与闪长岩接触带的构造裂隙中排泄入河中，其上游水流断面流量 $Q_I = 62\text{L/s}$ ，水温 $t_I = 10^\circ\text{C}$ ；地下水温度 $t_d = 4^\circ\text{C}$ ；下游河水温度 $t_{II} = 7^\circ\text{C}$ ；即温度异常值为3℃，另外，为验证而测得下游水流断面流量 $Q_{II} = 119\text{L/s}$ 。现可求该地段地下水向河流中的排泄量。

##### 4.1 解

在地段内的上游取一固定点为0m处，以此点为起始点，分别在相距25m、40m、70m、100m四处建立观测点位置，将各观测点所测定的河水温度值( $t_i$ )列入下面表格，并取用不同的断面流量参数进行计算。

4.1.1 取上游河流断面流量参数计算（见表1）。

表1 上游河流断面流量表

测点位置	河水温度 $t_i/^\circ\text{C}$	$t_i - t_I$ / $^\circ\text{C}$	$t_i - t_d$ / $^\circ\text{C}$	地下水累计 排泄量( $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$ ) $Q_{d1-i}$ $= Q_I \frac{t_i - t_I}{t_I - t_d}$	点间地下水 排泄量 ( $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$ )	断面流量 ( $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$ )	与实测 $Q_I$ 的误差
上游 I—I 断面	10	0	6	0 (起点)	0	$Q_I = 62$ (实测)	
固定点0m	10	0	6	0	12.4	62	
25m处	9	1	5	12.4	8.3	74.4	
40m处	8.5	1.5	4.5	20.7	23.6	82.7	
70m处	7.5	2.5	3.5	44.3	17.7	106.3	
100m处	7	3	3	62	0	124.0	
下游 II—II 断面	7	3	3	62	0	$Q_{II} = 119$ (实测)	+4.2%

4.1.2 取下游河流断面流量参数计算（见表2）。

4.1.3 取上、下游断面流量参数综合计算，可用公式(5)修正后的地下水温度参数

$t_d$ （见表3）。

$$t_d = \frac{Q_{II} \cdot t_{II} - Q_I \cdot t_I}{Q_{II} - Q_I} = 3.74^\circ\text{C}$$

（原为4℃）

表2 下游河流断面流量表

测点位置	河水温度	$t_1 - t_{11}$ /°C	$t_1 - t_d$ /°C	地下水累计 排泄量(L·s <sup>-1</sup> ) $Q_{d1-II} = Q_{II} \frac{t_1 - t_{II}}{t_1 - t_d}$	点间地下 水排泄量 (L·s <sup>-1</sup> )	断面流量 (L·s <sup>-1</sup> )	与实测 $Q_1$ 的误差
	t/°C						
上游 I—I 断面	10	3	6	59.5	0	$Q_1 = 62$ (实测)	-4.2%
固定点0m	10	3	6	59.5	11.9	59.5	
25m处	9	2	5	47.6	7.9	71.4	
40m处	8.5	1.5	4.5	39.7	22.7	79.3	
70m处	7.5	0.5	3.5	17.0	17.0	102.0	
100m处	7	0	3	0	0	119.0	
下游 II—II 断面	7	0	3	0(起点)	0	$Q_1 = 119$ (实测)	

表3 上、下游断面流量河水温度表

测点位置	$t_1$ /°C	$t_1 - t_i$ /°C	$t_i - t_{II}$ /°C	$t_1 - 3.74$	地下水累计排泄量/L·s <sup>-1</sup>		点间地下 水排泄量 /L·s <sup>-1</sup>	校正后	
					从 I—I 算起 $Q_{d1-i} = Q_1 \cdot \frac{t_1 - t_i}{t_1 - 3.74}$	从 II—II 算起 $Q_{d1-II} = Q_{II} \cdot \frac{t_i - t_{II}}{t_i - 3.74}$		断面 流量 /L·s <sup>-1</sup>	点间泄 水量 /L·s <sup>-1</sup>
上游 I—I 断面	10	0	3	6.26	0(起点)	57.0		$Q_1 = 62$	
固定点0m	10	0	3	6.26	0	57.0		62	
25m处	9	1	2	5.26	11.8	45.2	11.8 11.8	73.8	11.8
40m处	8.5	1.5	1.5	4.76	19.5	37.5	7.7 7.7	81.5	7.7
70m处	7.5	2.5	0.5	3.76	41.2	15.8	21.7 21.7	103.2	21.7
100m处	7	3	0	3.26	57.1	0	15.9 15.8	119.0	15.8
下游 II—II 断面	7	3	0	3.26	57.1	0(起点)		$Q_{II} = 119$	

从表(1)~(3)可知,在所求地段按上游断面流量 $Q_1$ 计算时,所得的地下水点间排泄量为62L/s;按下游断面流量 $Q_{II}$ 计算时,所得的地下水点间排泄量为59.5L/s;若按上、下游两个断面的 $Q_1$ 和 $Q_{II}$ 参数进行综合计算时,地下水点间排泄量为57.1L/s。

4.2 依据计算结果绘出温度、流量与点位距离之间的相关曲线(见图1)。

#### 4.3 误差检验

为了检验上面的计算结果与实测资料(即上、下游断面的流量差)之间的误差,我们用表3中综合计算校正后的数值(57L/s)来进行误差验算(见表4):

表4的检算结果表明,所求地段的地下水按断面流量 $Q_1$ 或 $Q_{II}$ 分别计算时,得出的点间排泄量与实测值的误差为4%~9%;按两个断面的 $Q_1$ 和 $Q_{II}$ 参数进行综合计算时,点间排泄量计算值与实测值的误差为1.8%。

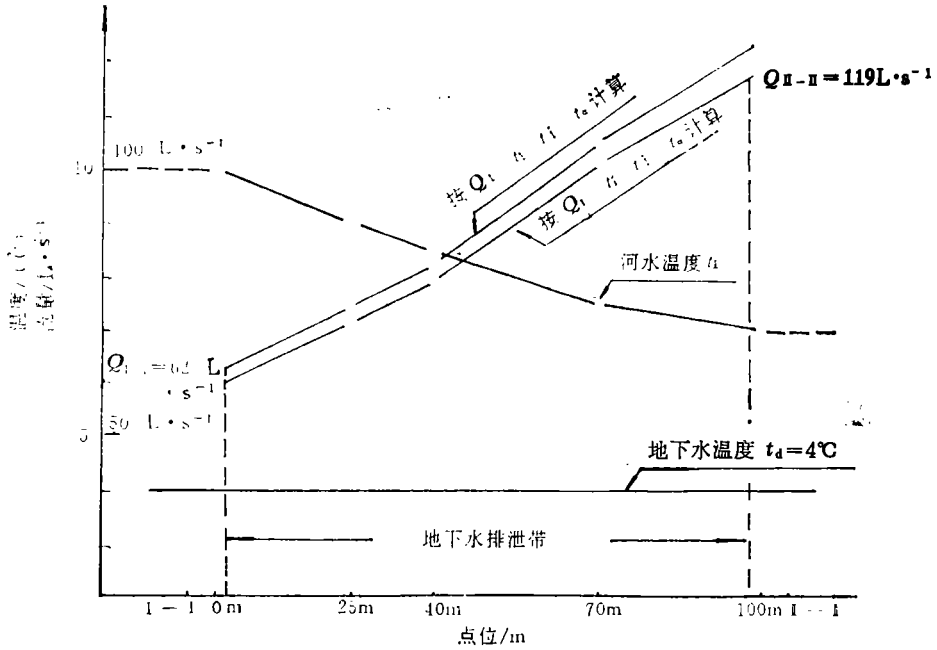


图 1 温度、流量与点位距的相关曲线

表 4 上下游断面流量计算结果与实测资料误差表

测点 位置	断面流量/L·s <sup>-1</sup>					点间泄水量/L·s <sup>-1</sup>					地下水泄水量 占断面流量的 百分数×100
	校正后	依Q <sub>I</sub> 计算	误差 ×100	依Q <sub>II</sub> 计算	误差 ×100	校正后	依Q <sub>I</sub> 计算	误差 ×100	依Q <sub>II</sub> 计算	误差 ×100	
0m	62	62	—	59.5	-4.0						
25m	73.8	74.4	+0.8	71.4	-3.3	11.8	12.4	+5.1	11.9	+0.8	16
40m	81.5	82.7	+1.5	79.3	-2.7	7.7	8.3	+7.8	7.9	+2.6	24
70m	103.2	106.3	+3.0	102	-1.2	21.7	23.6	+8.8	22.7	+4.8	40
100m	119	124	+4.2	119	—	15.8	17.7	+12	17.0	+7.6	48
						Σ=57	Σ=62	+8.8	Σ=59.5	+4.4	

5 结语

本文对基岩山区利用测温方法寻找地下水源的工作原理及工作方法进行了一些探讨。利用该方法评估的地下水排泄量基本接

近于实测的地下水排泄量。说明测温法可作为在地质条件较为复杂的基岩山区评价寻找地下水资源方法之一。

收稿日期：1996-09-20