

地热勘察中浅层测温法 勘探能力的探讨

贾苓希 李大心 关小平

(武汉地质学院)

摘 要

测温法是寻找地热田的一种直接勘探方法,而浅层测温法则由于工作效率高、成本低是一种很有前途的勘探方法。但因近地表温度场易受日变、年变等各种干扰因素的影响,因此,区分与校正各种干扰因素是方法能否取得良好效果的关键。本文讨论了校正与区分各干扰因素的方法。

地表浅层温度信息是地下热源状况综合作用的结果。因此,利用近地表温度异常可推断地下热源分布状况。通过对简单形状热源(无限长圆柱形和球形)计算表明:当取1℃作为可探测到的温度异常时,利用1米深测温可发现埋深近500米、温度100℃的局部热源,而利用10米深测温可探测到埋深近800米同样规模同样温度的局部热源。计算结果虽然是在理想条件下进行的,但对指导实际工作具参考价值。文章结合漳州地热区的实际资料说明解释方法及应用1米深测温勘察地下水取得的地质效果。

浅层测温法勘察地热田是一种直接勘探方法,效率高,成本低。由于近地表温度受多种因素干扰,特别是地球表面受控于太阳辐射强度周期变化的影响产生日变与年变化。因此,区分与校正各干扰因素是方法能否取得良好效果的关键。本文围绕浅层测温法勘探能力讨论各干扰因素、浅层测温勘探深度问题及解释方面的问题。

理论与实践说明日变化影响深度一般不超过1米,而年变化对浅层(恒温层深度以内)温度影响较大。图1(a)为不同月份(2、3、11、12月)年变化理论曲线,图1(b)为实测年变曲线(据武汉水文地质大队资料)。图1说明距地表几米深温度变化甚大,最大可差十多度,其变化幅值与测点的地理位置、地质与气象等因素有关。太阳辐射年变波动可用时间的简谐函数表示。在距地表某一深度温度随时间的变化以下式表示:

$$\theta(z,t) = \theta_0 + GZ + \Delta\theta_0 e^{-\sqrt{\frac{\pi}{\alpha T}} Z} \sin\left(\frac{2\pi}{T} t - \sqrt{\frac{\pi}{\alpha T}} Z\right)$$

式中Z为测温深度;t为时间;G为温梯;T为周期(如年、日); θ_0 为T周期内地表平均温度; $\Delta\theta_0$ 为温度变化幅度; α 为热扩散率。 $\Delta\theta_2 = \Delta\theta_0 e^{-\left(\frac{\pi}{\alpha T}\right)^{1/2} Z}$ 说明温度变化幅度随Z的增加按指数规律减小。在某一深度,取周期为一定时,温度振幅大小与 α 值密切相关。为使年变化影响最小,尽可能在较短时间里完成测温工作,并采用测量相对地温方法工作^[1]。如测区范围大,测温时间长,可用前式计算不同 α 值年变曲线,并选工作时间内某一天为基

收稿日期:1986年12月

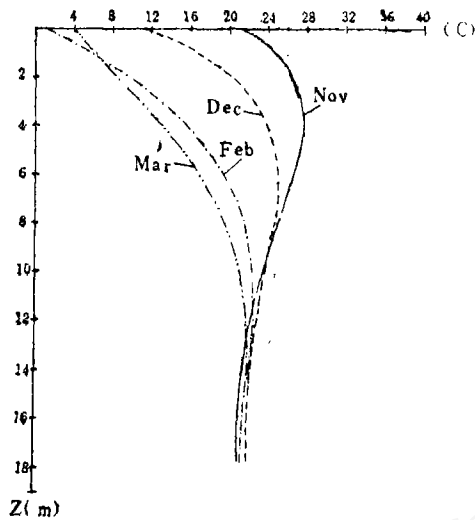


图 1(a) 不同月份年变化理论曲线

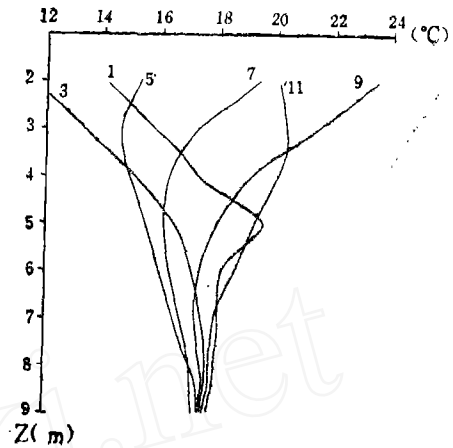


图 1(b) 实测年变化曲线

准进行校正。还可用 α 值算某深度相对于地表温度变化延迟量的方法^[2]进行年变校正。可见开展浅层测温法计算 α 值是很重要的。

地况不同对浅层测温的影响十分明显，将不同性质土壤和植被等地表状况的差异简称为地况不同。图 2 是不同地况 1 米地温年变化曲线。由图可见，公路与稻田相比，不同时间的观测值均较高，约高 2℃，在树阴下测温值差异更大。对不同地况影响进行校正相当复杂，要通过野外试验，实地踏勘，与测区内数量最大的某种地况为准，进行对比加以区分。

由于太阳辐射传入地表的热量远远大于球地内部传向地表的热量，因此，可以把地表温度看成是太阳辐射的结果。太阳辐射除在地表浅层产生日变和年变化外，由于地况不同对太阳辐射能的吸收、散射等不同，从而使地表换热条件发生变化造成浅层地温差异。这种差异可用放热系数的变化来解释，放热系数表明热流通过地球表面散发到空气中的能力，它把无限介质中的地热场与大气、地表的热状态联系起来。根据汤源浩三^[3]提出求放热系数 (h) 的公式为：

$$h = \frac{\partial \theta}{\partial Z} \Big|_{z=1} / \left[\theta_{z=1} - \frac{\partial \theta}{\partial Z} \Big|_{z=1} \right]$$

即观测 1 米深处地温 ($\theta_{z=1}$) 与温梯 ($\partial \theta / \partial Z$) _{$z=1$} 求出 h 值。图 3 是不同 h 值与地表温度关系曲线。从计算结果看， h 值较大使表层热阻减小，地球内部向地表传送的热量大部分散发到空气中，导致热源在地表产生的地温值大大减小。反之情况相反。

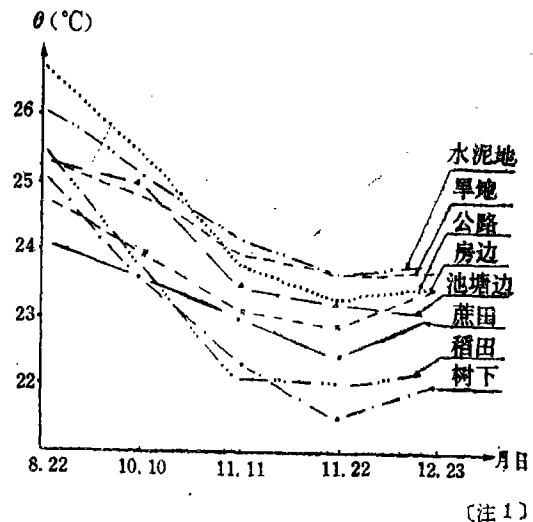


图 2 不同地况 1 米地温年变化曲线

(注 1)

地表浅层温度信息也包括地下热源状况综合作用的结果,因此可利用近地表温度异常推断地下热源分布状况。但浅层测温究竟能反映多深的局部热源,即勘探深度有多大?这是人们关心的问题。现取 1°C 作为有意义的异常,对简单形状热源(无限长水平园柱形及球形)进行计算。

设柱形热源半径 $R=10$ 米;热源温度超过围岩 100°C 时即 $T_0=100^{\circ}\text{C}$,计算不同埋深理论曲线如图4所示。从图4(a)可见,当热源埋深(B)从400米增至700米时,于1米深产生的温度值由近 1°C 减至 0.6°C 。图4(b)是10米深地温值与热源埋深不同的关系曲线。很明显随着测温深度的增加地温值增大,当 $B=400$ 米时,在10米深可产生 2°C 以上的异常,当 $B=700$ 米时,可观测到 1°C 的异常值。地温异常值与测温深度是成正比的。

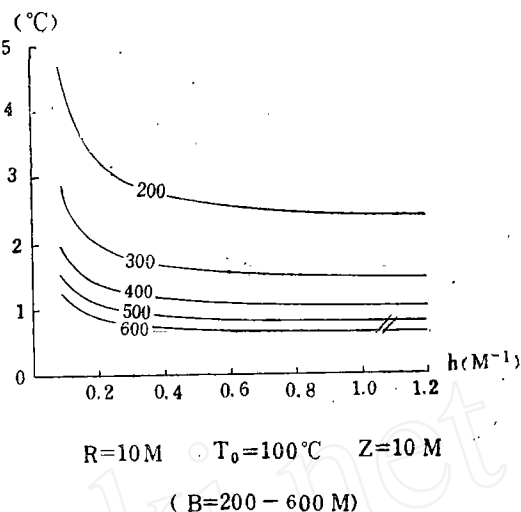


图3 不同放热系数与温度关系曲线

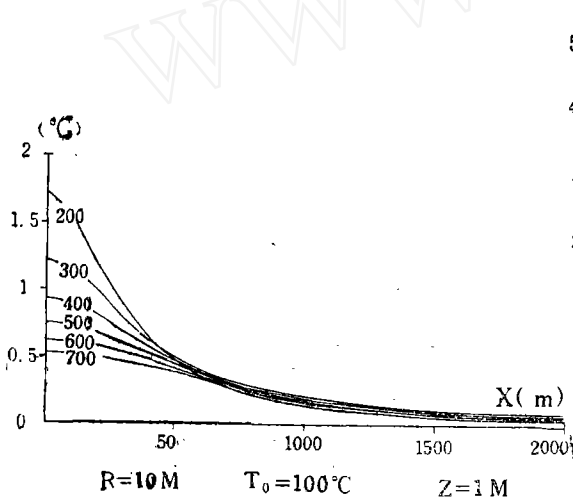


图4(a) 柱形热源不同埋深理论
曲线 $Z=1$ 米

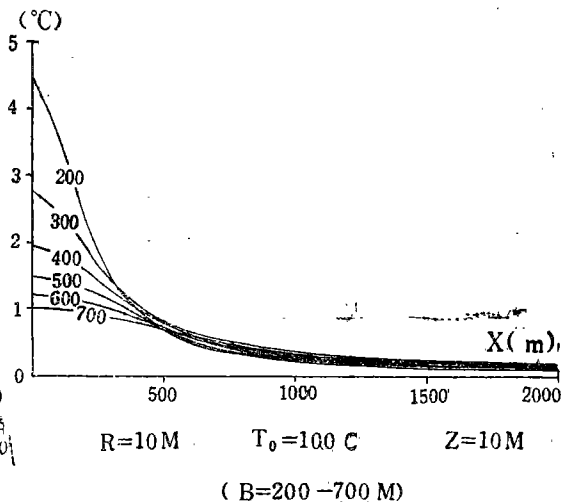


图4(b) 柱形热源不同埋深理论
曲线 $Z=10$ 米

盖层与基岩热导率不同,与无盖层岩性均匀情况相比,浅层测温值明显不同。基岩热导率(λ_2)与盖层热导率(λ_1)比值越大影响越大,根据理论计算当 $\lambda_2/\lambda_1=3$ 时,1米测温最大值比均匀岩性时约降低30%。当热源为球形时与柱形热源相比地温值要小一个数量级注,因此较小规模的球形热源产生的近地表异常不易探测到。

以上计算结果表明:存在盖层情况下, λ_2/λ_1 比值越大对浅层测温越不利。球形热源在近地表产生的温度异常比无限长水平园柱形热源小得多,因此应用浅层测温法勘查热田时,热源至少在一个方向比另一个方向大得多才有利,如果热源在两个方向延伸都较大更为有

注1:戴仲鸿,一米测温在漳州地热详查区的应用,福建物化探科技情报,1985。

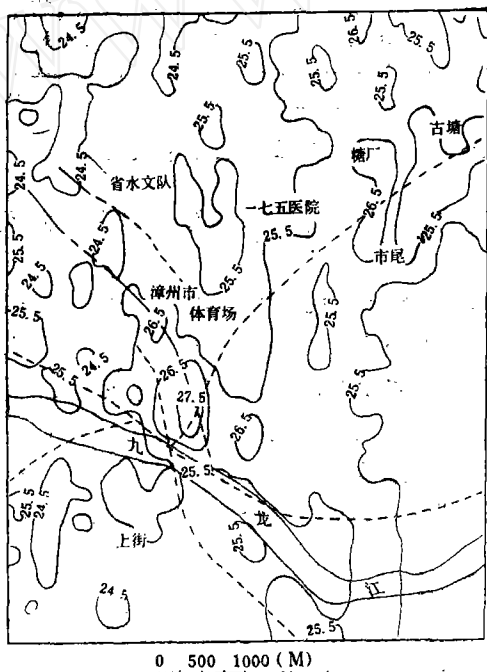
注2:武汉地质学院物探系,1986年地温场资料数据处理研究报告。

利。综上所述, 浅层测温法勘探深度不仅与局部热源的温度、埋深、规模有直接关系, 还和盖层与基岩热导率比值有关。必须综合分析各因素, 估算勘探深度。一般受构造控制的地下热水, 温度 $60-70^{\circ}\text{C}$, 埋深300米左右, 用1米测温不难发现。如加大测温深度至10米, 可发现热源温度较小($40-50^{\circ}\text{C}$), 埋深较大(700米左右)的热源。为了说明浅层测温法的勘探能力, 现分析漳州地热区1米测温结果。对实测资料首先进行年变校正和平滑滤波滤掉不包含任何地下热信息的高频干扰波。

野外实测地温值一般由背景、局部热源产生的信号和干扰三部分组成。为深入研究地温场分布特征, 除需尽量清除浅层干扰波外, 不仅需仔细分析由热源产生的信号, 还要对背景地温场的分布状况进行研究。现以漳州地热区为例加以分析。

区内大部出露为第四系粘土、砂和砾石层, 厚仅十数米, 其下基岩为燕山期花岗闪长岩。漳州温泉受NNW—NE和NW向构造控制, 水温 $83-120^{\circ}\text{C}$ 为断裂、裂隙承压水。热水通过构造深循环, 沿断裂、裂隙上升, 到达地表渗透到第四系含水层中, 形成局部层状孔隙热水, 其分布范围和展布方向受构造控制。

图5是漳州地热区1米测温等值线图(据福建省第一水文工程地质队资料)测区南部的高温异常中心($26-27.5^{\circ}\text{C}$)高出正常地温场 3°C 以上, 是已开发利用的热水区。在测区的



实线为地温等值线; 虚线为物探推断构造 (其中实线为地质推断构造)

图5 漳州地热区1米地温等值线

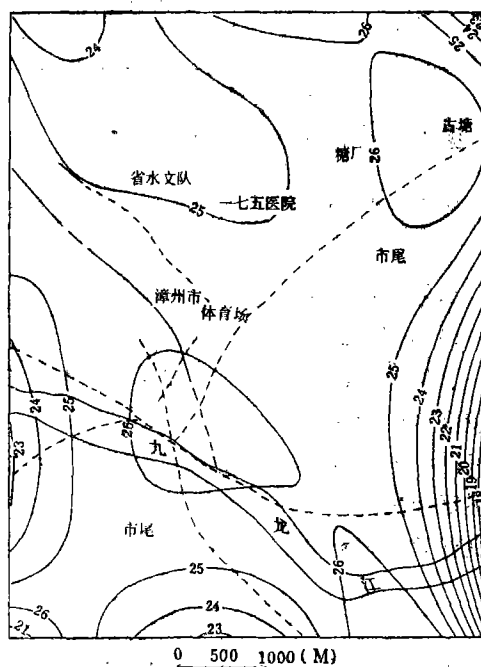


图6 漳州地热区五次趋势分析图

东北部发现另一具相当规模的异常, 被认为是有远景的地热区。在五次趋势分析图(图6)上明显反映两个地热异常。在二次趋势分析图(图7)上反映深部两个地热异常联成一个北东向的地热异常带。而在五次趋势残差图(图8)上反映构造破碎带相当明显, 两条NE向和数条NW向的破碎带(图中点线, 有的与地质推断相吻合)。两个热异常均邻近于两组或多组

破碎带之交汇部位。所反映 NE 向破碎带为压性及扭性、应是储水构造，而 NW 向破碎带是开放性的，应为导水构造。通过已知异常区所做 1 米测温及 ^{210}P 、Hg 含量等值线图，在

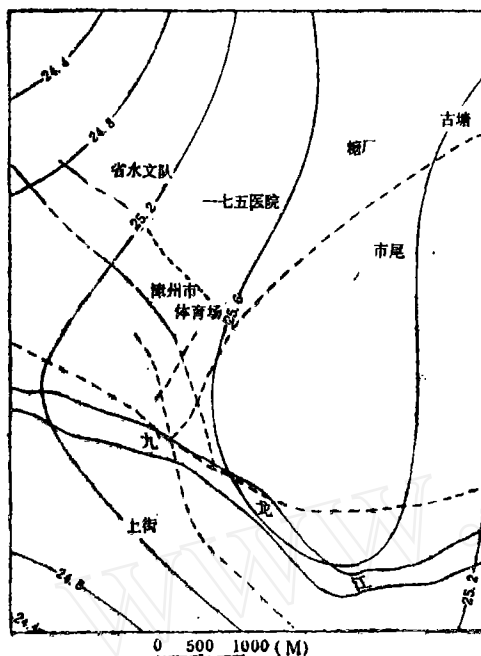


图 7 漳州地热区二次趋势分析图

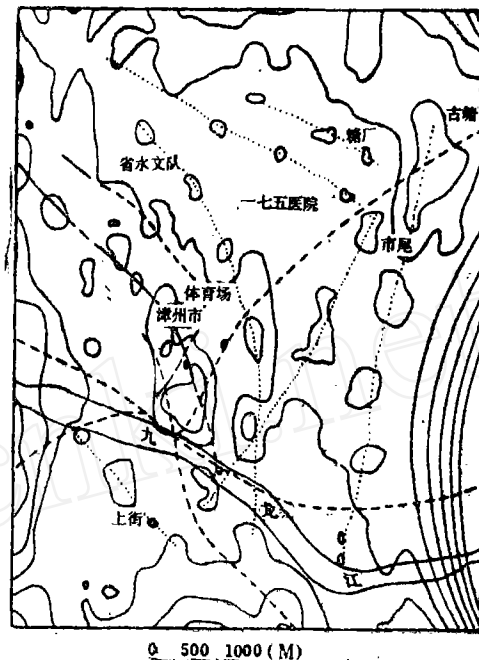


图 8 漳州地热区五次趋势残差图

1 米地温异常中心区，三种方法所得结果均反映有异常。据钻探结果不到 100 米深水温可达 100°C 。

另外，根据区内三个钻孔测温资料计算平均地温梯度为 $16.6^{\circ}\text{C}/100$ 米，岩石热导率约 $6 \times 10^{-3} \text{ cal}/\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^{\circ}\text{C}$ ，浅层热流值异常区可达 9—11 HFU，在异常边缘为 4.79 HFU。

上例说明，地下热水埋深较浅(200—300 米)，有的渗入第四系含水层中埋深更浅，水温又较高 (60°C 以上)，且受构造控制，在一个方向上延伸较大，区内干扰较小，应用 1 米测温可以取得良好效果。如果条件较差，应适当加大测温深度，但在地形、地质、植被等条件均很复杂的地区，热源埋深又大，外界干扰大于热源产生异常又难于进行校正的情况下，取得良好效果的可能性甚小。

本研究得到科学院基金的资助，参加工作的还有曾陆海、魏永华、魏文博、徐建华、乔利平等同志。工作期间得到福建省第一水文工程地质队物探分队的帮助，特此表示感谢。

参 考 文 献

- 〔1〕贾苓希、徐建华，浅层土壤测温法，物探与化探，第五期，1983
- 〔2〕关小平、贾苓希，浅层测温工作中求热扩散系数方法的探讨，地质信息技术，第一期，1986
- 〔3〕汤原浩三，地温探查法について，物理探矿，第 29 卷，第 1 号，1976

DISCUSSION ON DETECTABILITY OF TEMPERATURE MEASUREMENT AT SHALLOW DEPTH IN GEOTHERMAL EXPLORATION

Jia Lingxi, Li Daxin and Guan Xiaoping

(Wuhan College of Geology)

Abstract

Temperature measurement is a direct method in geothermal exploration and the temperature measurement at shallow depth is a promising method because of its high efficiency and low cost. Since the geothermal field near the Earth's surface is liable to be affected by various disturbing factors such as daily and annual variations, the key point is to recognize and correct them. This paper focuses attention on the recognition and correction approaches of them.

The temperature distribution at shallow depth is the result of composite effect of the subsurface heat source. Therefore, the distribution of the heat source can be deduced in terms of shallow temperature anomalies. The calculated results of heat sources with simple shapes (e.g. horizontal infinitive cylinder and sphere) indicate that if the threshold of the geothermal anomaly is 1°C , then 100°C heat source at 500m. Depth can be determined by the temperature measurements at 1 m. In the same way, sources with the same size and same temperature at 800 m can be detected by measurements at 10 m. Although the above results are obtained in ideal conditions, they can be taken as reference in practical work.

The paper also describes the interpretation method and the geological significance of 1m by temperature measurement in prospecting for underground thermal water in the Zhangzhou geothermal areas.