

应用物化探方法开展地热普查

庞绪贵

(山东省地质矿产局物化探大队)

提要 本文以近几年开展地热物化探试验研究和地热物化探普查所取得的资料为基础,以文登县洪水岚温泉外围,济南地区和安丘县温泉乡为例,概述了应用物化探方法开展地热普查的前提,分析并肯定了应用物化探方法进行地热普查所取得的地质效果。根据自己的体会,总结出一套应用物化探方法寻找地下热水的工作程序。

山东省靠近太平洋西岸的高热流地带,有丰富的地热资源,特别是胶东地区有多处天然温泉出露地表。据有关资料介绍,全省温泉(18处)和地热钻孔(12处)达30处;其中60~100℃十二处,40~60℃十三处,20~40℃五处,最高水温为100.5℃(招远县汤东泉五号孔,深度340米处)。初步估算总热水流量为8682 m³/日,总热流量为426.7×10⁹卡/日,相当于每天61吨煤燃烧所产生的总热量。目前温泉水多用于浴池、疗养和淡水养殖,利用程度较低。由此可见我省在开发利用地热资源方面,具有很大的潜力,进一步加强地热资源的勘查工作,提高地热资源的利用率,有着重要的意义。

自八五年开始,我队开始利用综合物化探方法进行地热勘探的试验研究(主要在文登洪水岚已知温泉外围),并在试验研究的基础上开展了大面积(济南地区近400K m²)的地热物化探普查工作。利用的方法有浅层(1米、5米、10米)测温法、直流电阻率联合剖面法、直流电阻率测深法、激发极化法、壤中汞气和壤中汞量法、静电α卡法等。取得的资料表明,物化探方法在地热勘探中具有良好的地质效果。

一、地下热水的赋存条件和地球物理特征

地下热水的活动多与断裂和岩体有关。通过热源加热后的地下热水,以断裂为通道上升,如果地表覆盖层较厚,赋存条件好,则热水富集形成地热田;如果地表覆盖层薄或岩石出露,则热水流出地表形成天然温泉。如栖霞县的艾山汤温泉出露在艾山岩体南部胶东群蓬布组变质岩中,位于五十里堡—紫砚山断裂低序次断层附近。为了充分利用热水资源,扩大地下热水的开采量,就必须投入物化探方法进行勘查。

地下热水沿断裂上升的过程中,以热扩散、热对流和热辐射三种传导形式把热量向地表传递,在地表形成相应的地温异常,因此利用测温法对地下某一深度的温度进行测

定，就可以发现地温异常，从而直接找到地下热水。

在工作过程中我们利用小对称四极法对温泉水的水温与电阻率的关系进行了测试，结果表明，温泉水随其天然温度的升高，电阻率值降低，下降规律基本呈指数形式；因此，可以利用电阻率的差异定性的区分地下热水和冷水。

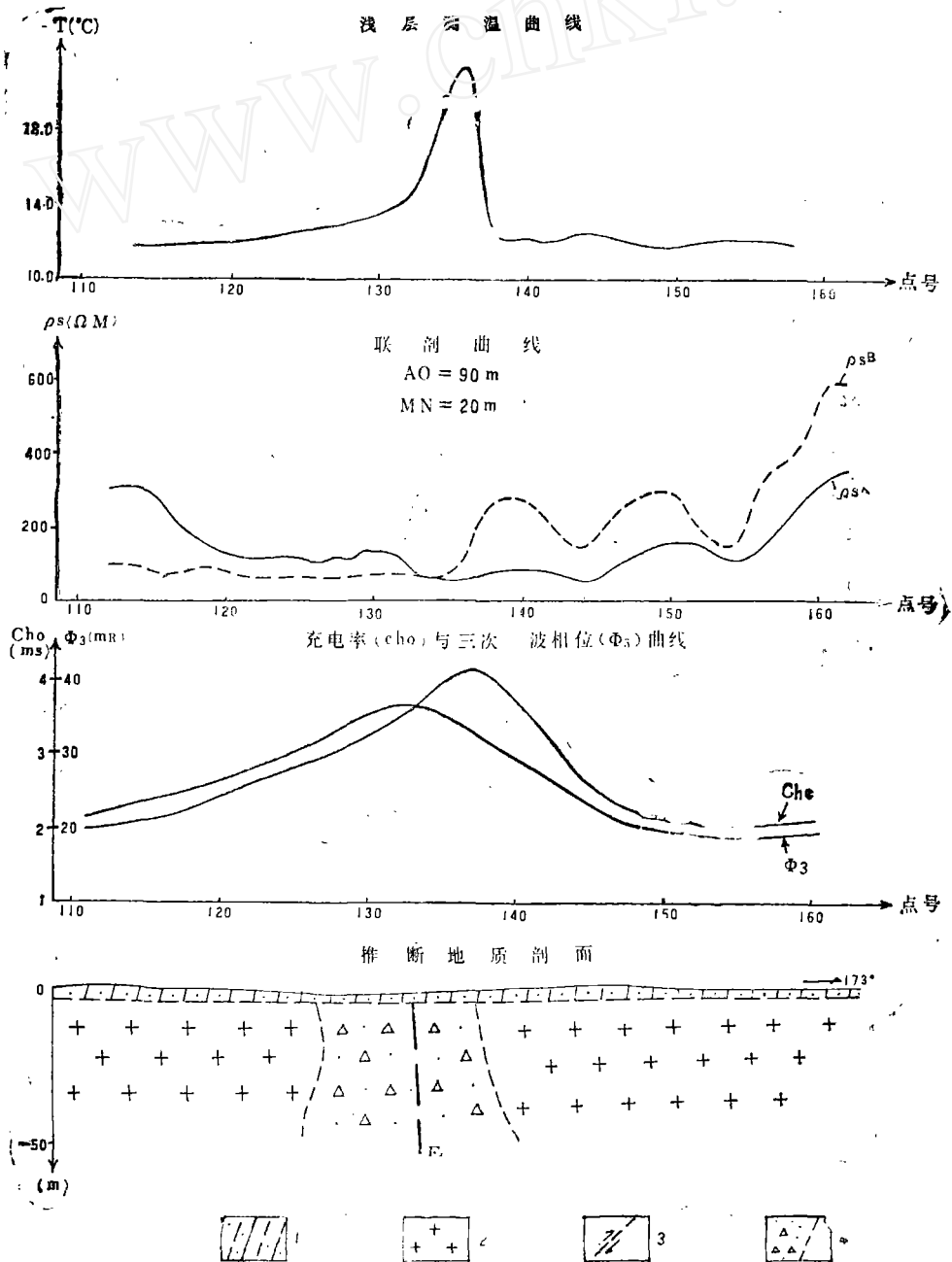


图1 106.8线综合剖面图 (1:25000)

1、第四系；2、燕山期花岗岩；3、推断裂及其编号；4、推断构造破碎带

直流电阻率联合剖面和电测深法主要用于研究热水的通道和埋深情况，确定断裂的准确位置，为布孔提供依据；大量的资料表明，在地热田的上方往往出现汞异常，因此壤中汞气和壤中汞量法也可间接地用于寻找地下热水。从以上几点可以看出利用物化探方法寻找地下热水是具备地球物理前提的。

二、应用物化探方法开展地热普查的实例

图1是文登县洪水流温泉外围106.8线综合剖面图，1米测温在130—140号点间出现了明显的异常，异常峰值高，异常两侧1米地温值逐渐下降至背景值（背景值为12℃）并趋于平稳。联合剖面曲线也出现了明显的低阻正交点， ρ^A 、 ρ^B 两支曲线分离清晰，无杂乱干扰和模糊现象，正交点附近视电阻率值很低，仅在 $40 \Omega \cdot m$ 左右；这在山东

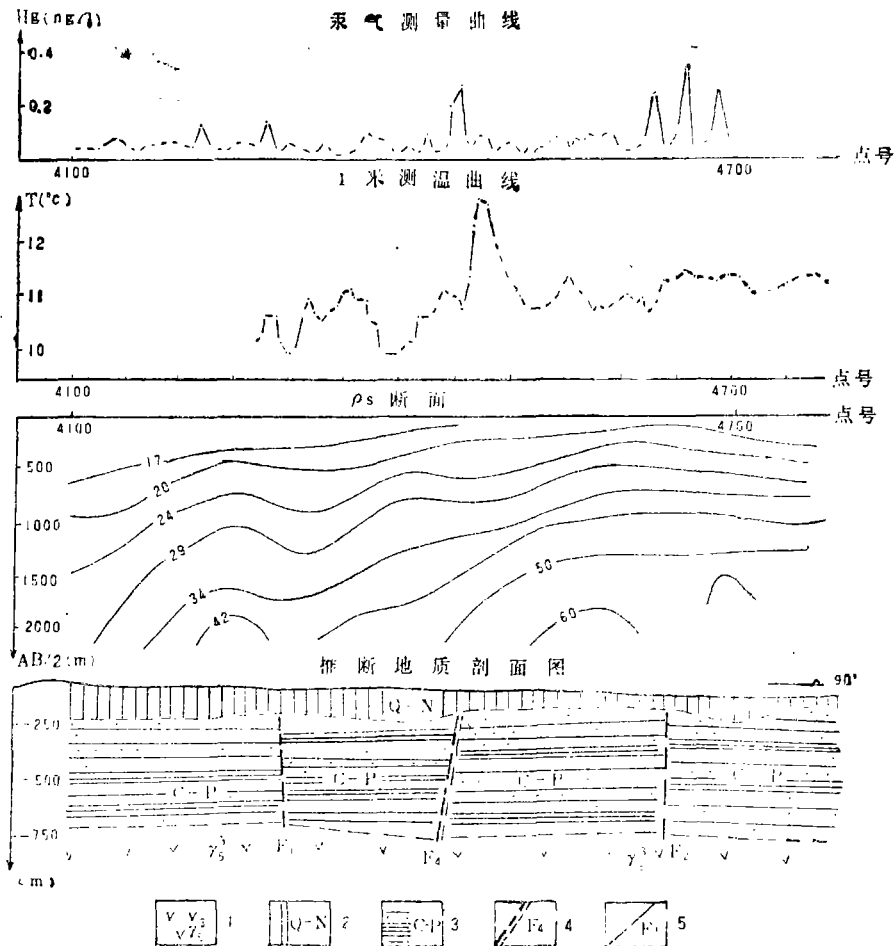


图2 济南鸭旺口地段735线综合剖面图 (1: 50000)

1、燕山期闪长岩；2、第四系，第三系；3、石炭二叠系砂页岩；4、推断含热水断裂及编号；5、推断一般断裂及编号

印支花岗岩分布区是不多见的，我们认为这种电性显著差异是由于构造破碎带内富含高温热水所造成；而1米测温异常的出现更证实了上述推断。另外激电充电率（ ch_0 ）和三次谐波相位（ ϕ_3 ）也出现了相应的高值异常。在综合分析了洪水岗温泉外围所取得的物化探资料后，据物化探方法推断的结果，在异常区内设计一地热验证开采孔位，钻探结果于80米处开始见自流热水，水温75℃，涌水量为240 m³/日，从而验证了上述异常解释结论。

图2是济南鸭旺口地段735线综合剖面图，由于鸭旺口地段第四系厚度大，因此在确定断裂时我们利用了电测深法和汞气测量法。由图可见汞气测量曲线对断裂的位置反映较清楚，在断裂上方均出现了汞气异常，电测深 ρ_s 断面也出现了低阻“V”型漏斗和视电阻率的梯度变化带，并且在其中的F₄断裂上方出现了1米测温异常。另外在分析1米测温资料后，勾绘了1米测温平面图（图3），在工区中部1米测温出现一条带状异常，其走向NNE，等温线最高值为12℃，其中11℃的等温线呈NNE向横跨工区，等温线的高值中心分别在鸭旺口和折腰柳树村附近，条带状异常宽度达500米（从11℃起算），该

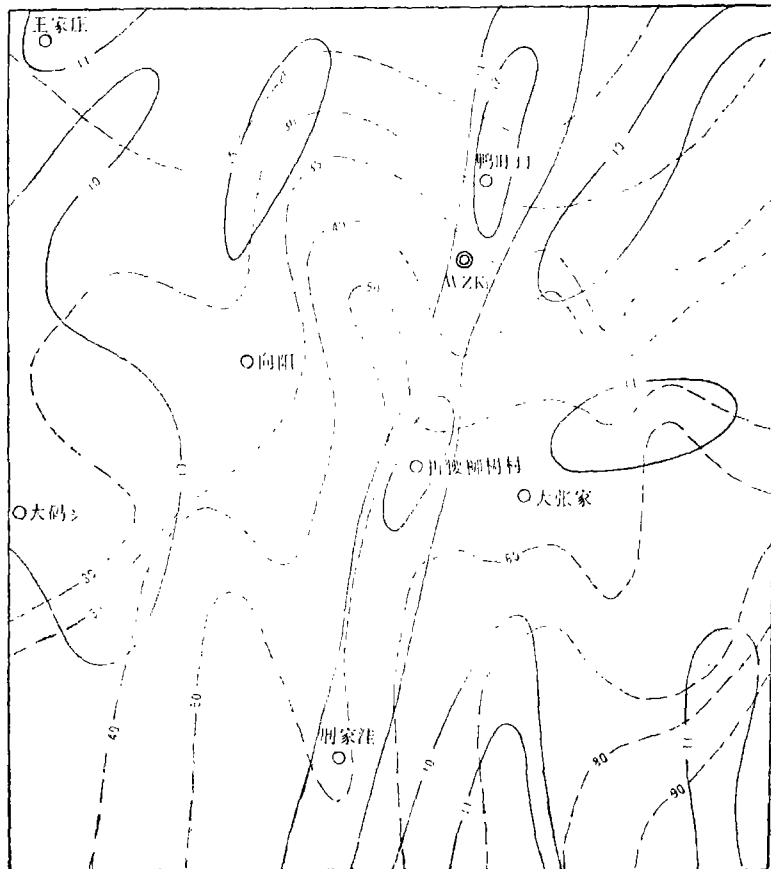


图3 济南鸭旺口地段1米测温平面图 (1: 50000)

1、1米测温等值线及数值；2、AB/2 = 1500m ρ_s 等值线及数值；3、设计钻孔及编号

异常的平面位置与推断的 F_4 断裂重合。在工区的其它大部分地段1米地温值均接近背景值(10~10.50℃)。这说明 F_4 断裂为一含热水断裂,为验证上述推断,在鸭旺口村西南部的 F_4 断裂倾向一侧设计一地热验证孔 WZK_1 ,验证结果在771.13米处见到自流水,水温42℃,水量为1277 m³/日。

安丘县温泉乡地热普查工作是八七年下半年开展的,该区第四系覆盖薄,大部分地段基岩出露地表,因此我们主要是利用直流电阻率联合剖面法、电测深法和1米测温法开展工作,其结果共圈出五条断裂(编号为 $F_1 \sim F_5$)和三处(编号为A、B、C)地热异常(图4)。其中A、B两处地热异常分别在 F_1 与 F_5 、 F_1 与 F_3 断裂的交汇部位,1米测温异常范围大,峰值高(A异常峰值为20.15℃),1米地温变化规律性较好;因此在A、B两异常上分别设计了 WZK_1 、 WZK_2 、 WZK_3 三个地热验证孔位。而C异常距已知温泉较远,异常范围小,峰值低,测温值大于16℃的点仅三个,故认为该异常可靠性差,列出仅供参考。

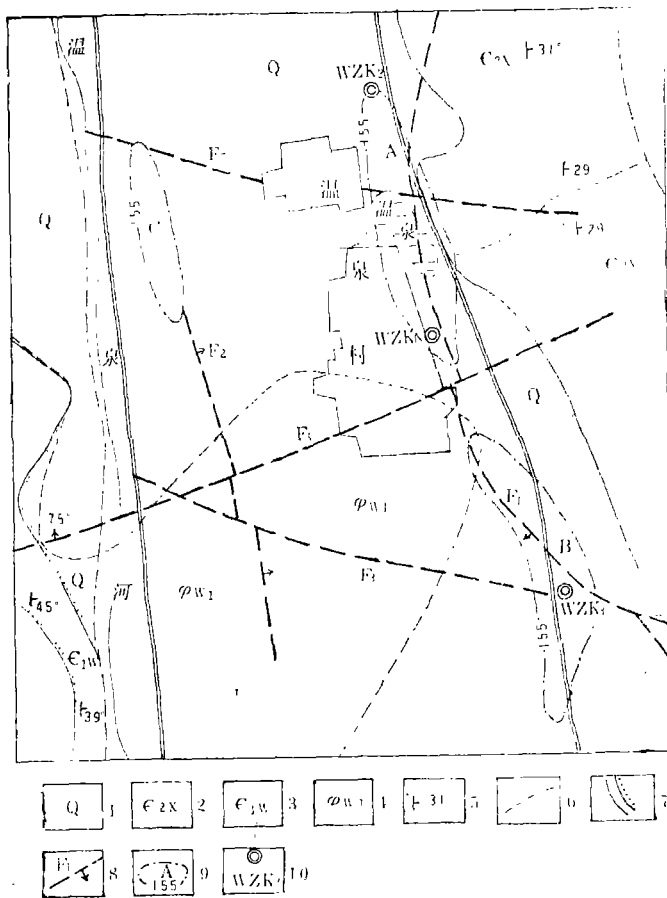


图4 安丘县温泉乡地热物探推断成果图(1:25000)

1、第四系; 2、寒武系中统徐庄组; 3、寒武系下统五山组; 4、蛇纹岩体; 5、地层产状; 6、实测及推断蛇纹岩体界线; 7、整合及不整合地质界线; 8、实测及推断断裂; 倾向及编号; 9、地热异常区边界; 10、设计钻孔孔位及编号

三、结 语

1. 最近鸭旺口又打出一口热水井，据我队测井结果井底水温 42°C ，并发现两处冷水段，使得井口水温降至 36°C 。目前有关单位正在对该井进行成井处理。此井的成功，更进一步证实了鸭旺口地热田的存在。

2. 从以上所取得的成果，如文登洪水岚井深80米见到 75°C 的自流热水，济南鸭旺口WZK₁井在771.13米处见到 42°C 的自流热水，都取得了较好的验证结果；因此可以肯定利用物化探方法寻找地下热水，确定热水开采井位，有较好的地质效果。

3. 安丘县温泉乡设计的地热钻孔虽然还未验证，但对比文登县洪水岚和济南鸭旺口已验证的情况分析，认为温泉乡地温异常明显，规律性强，相对异常高，地温异常与推断断裂的位置重合，且有已知温泉出露地表（ 20°C ），故很有希望打出地下热水。

4. 我们在以上几个地区工作时，由于受各种条件（如有些工作属试验研究性质）的限制，所采用的工作方法一般都是电法（联合剖面、电测深、激发极化等）和浅层测温工作同时上；电法主要用于研究断裂构造，浅层测温对地热异常进行圈定；这样势必浪费人力、物力。通过近几年开展地热工作的体会，并参考兄弟单位所做的资料，我们认为电法与浅层测温法相比，投资大，效率低；因此建议在今后开展地热普查工作时，应首先利用浅层测温（效率高）进行面积工作，圈出地热异常，然后再在圈定的地热异常范围内开展电法工作，综合研究地热异常的形成机理，最后确定地热验证孔位。这一工作程序简单、有效、经济、快速，在一般覆盖层厚度较小的地区，寻找地下热水是一套有效的办法，并且能取得显著的地质效果。

由于作者水平所限，以上几点认识难免有误，恳请指正。

参 考 文 献

- 〔1〕朱炳球等，1984，热田勘查中新的地球化学指标。物探与化探。地质出版社。
- 〔2〕O·卡普迈耶、R·海涅尔，1981，地热学及其应用。科学出版社。
- 〔3〕贾苓希、徐建华，1983，浅层土壤测温法。物探与化探。地质出版社。
- 〔4〕中国科学院地质研究所地热室编著，1981，矿山地热概论。煤炭出版社。

RECONNAISSANCE SURVEY OF GEOTHERMAL RESOURCES
CONDUCTED BY
GEOPHYSICO-GEOCHEMICAL PROSPECTING METHODS

Pang Xugui

*(The Geophysico-geochemical Prospecting Brigade,
Shandong Bureau of Geology & Mineral Resources)*

Abstract

Based on the data obtained from the study and tests on the geophysical and geochemical methods applied to the prospecting for geothermal resources and the related reconnaissance surveys conducted around the Hongshuilan Hot Spring in Wenden County, Wenquan Village in Anqiu County and the Ji'nan Area in recent years, the author outlines the prerequisites for reconnaissance survey of geothermal resources by geophysical and geochemical methods and affirms the good results achieved in the course. The author has further worked out a set of operational procedures for exploring subsurface hot water by geophysical and geochemical methods.