地热田中Rn、Hg分布模式及形成机理

童运福　孙书勤

（成都地质学院三系）

论述了地热田土壤中Rn和Hg气异常的分布特征及其模式，探讨了其形成机理。认为线状异常可指示温泉的展布方向；环状异常则指示隐伏地热田的分布范围。

关键词　地热田　Rn和Hg异常分布模式　形成机制

我国地热资源非常丰富，在新能源开发利用中已引起人们的广泛注意，并已得到应用。

运用Rn、Hg测量（Rn、Hg连测技术已研究成功）寻找地热和其他矿产所需成本低，效率高，且颇见成效。因此，对其方法技术的研究从未间断，现已取得可喜成果。但是，对Rn、Hg异常在地热田上方土壤中的分布特征研究及其成果解释有待进一步深入，往往将Rn、Hg异常均归结为构造因素所致，忽视异常的整体分布特征。笔者在资料处理过程中发现，在地热田上方土壤中的Rn、Hg异常不仅沿构造走向呈线状分布，而且沿地热田边缘呈环状分布。这一特征对地热田的寻找及勘探具有指导意义。

地热田中Rn、Hg异常特征

目前利用的地热资源主要是指地下热水。在高温条件下，地下热水中能溶解大量的U、Ra、Hg等物质，因U、Ra衰变而产生Rn。在地下热水中往往存在大量的Rn和Hg，因它们都是易挥发元素，故可以沿断裂构造带上升到地表土壤中形成异常。其实，很早以前人们就发现热泉与Rn、Hg异常相伴的现象。由于地温、岩性、构造等因素的差异，地热田中Rn、Hg异常分布形式有多种，但主要形式有两种，即线状分布和环状分布。

1. 线状分布异常

异常展布方向基本和构造线走向一致，主要受断裂构造控制。如江苏东海热田位处平原区，地表大部分被第四系覆盖，基底主要为燕山期花岗闪长岩。岩体内主要发育两组断裂，一组为北东向张性断裂，另一组为北西西向压性断裂。区内壤中Hg背景值为10ng/g，Hg量大于15ng/g的异常带展布方向与北东向构造线一致（图1*A*，据朱炳球等，1988）。安徽半汤温泉分布区第四系沉

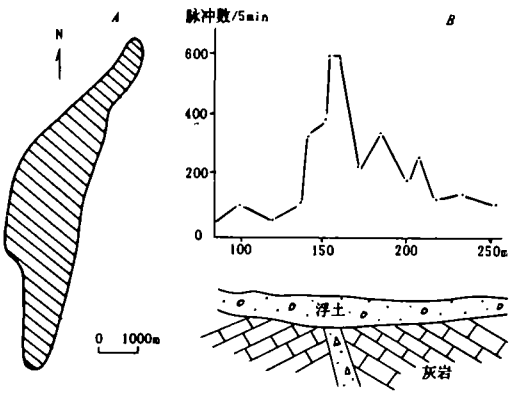

图1　东海热田Hg异常（*A*）和半汤温泉测Rn曲线（*B*）

本文1993年1月收到，李春兰编辑。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

积物厚 5～ 10m,下伏岩层为碳酸盐岩类。在区内开展的静电 α 卡测 Rn 结果表明，Rn 的高值异常恰对应于 F_2 断层（图 1*B*, 据贾文懿等，1988)。地热田中 Rn、Hg 异常分布受构造控制的研究工作做的多而细，这里不多列举。

2. 环状分布异常

地热区 Rn、Hg 异常呈环状分布的资料亦有不少报道，但对其地质意义和形成机制常被忽视。为探讨其形成机制，参阅了有关资料。F.B.Tonani(1970) 在整理意大利中部托斯卡纳地区水系沉积物中 Hg 的测量结果时发现，在地热田周围 Hg 异常呈清晰的晕圈状（环状）分布；J.S.Maltick 等对美国加利福尼亚的长谷地热田进行了壤中 Hg 测量，确定 Hg 的背景平均值为 5ng/g,用 22ng/g 圈定的 Hg 异常呈环状分布（图 2*A*)，据 J.S. Maltick,1975)；云南瑞滇热田，其地形属南北向山间盆地，第三系和第四系松散堆积物为热储盖层，基底为燕山期黑云母花岗岩。热田壤中 Hg 的背景值为 42ng/g,用 160ng/g 的等值线圈出的异常也具环状分布特征（图 2*B*, 据朱炳球资料，1988)；云南热海热田用 120ng/g Hg 等值线圈出的异常如图 2*C* 所示（据朱炳球，1988)。朱炳球等人曾推测圈内深部可能有热储存在；在意大利拉德瑞罗热田，有人对 200km² 范围内 193 口井进行了 ^{222}Rn 测量，结果表明，热田中心地带 Rn 的平均浓度比整个热田总平均浓度值低一个数量级，在有地下水出露的地区（有断裂存在）Rn 含量较高；西藏羊八井热田，地热由深部岩浆热流经基底断裂上升到热储所致，

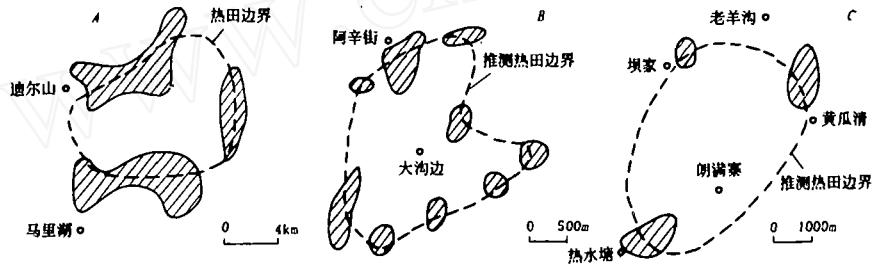

图 2　加利福尼亚长谷地热田（*A*)、瑞滇热田（*B*）和热海热田（*C*）Hg 异常

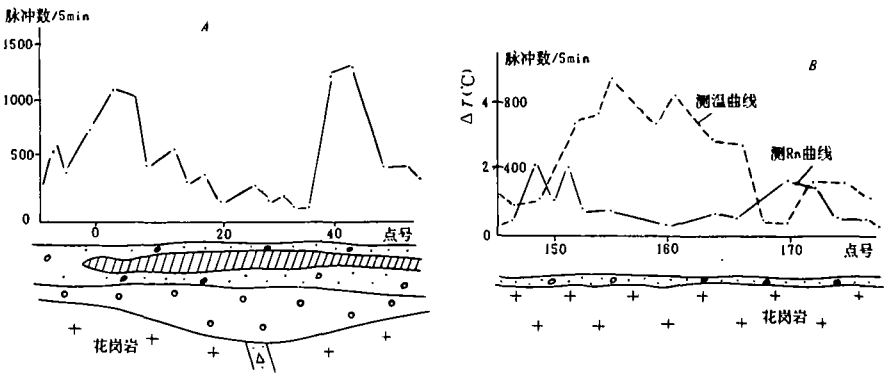

图 3　羊八井热田 0线（*A*）和汤峪热田 10线（*B*）测 Rn 曲线

上部有粘土层覆盖，基底为花岗岩，热储形态似“锅体”，中间厚两侧薄，最厚 485m, Rn 异常在平面上呈环状，即热田边缘 Rn 浓度增高。其剖面图如图 3*A* 所示（据贾文懿，1986)；陕西眉县汤峪地热田比羊八井热田范围小，且水温较低，测 Rn 曲线如图 3*B* 所示（据薛常水，1986)，在平面上，Rn 异常沿热田边缘呈明显的环状分布特征。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

油气化探资料表明，油气藏普遍与正地温相伴存在，油气田的壤中 Rn、Hg 和其他气体（He、CO_2等）的异常沿油气田边缘呈环状分布。实际上，许多油气田就是温度偏低的热田。

Rn、Hg分布模式形成机制探讨

1.Rn、Hg 性质与运移因素

Rn 是具放射性的惰性气体，是放射性测量找矿的重要测量对象，其热容比大，约为 1.7，化学性质稳定；Hg 有很高的饱和蒸气压和极强的运移能力，其热容比亦约为 1.7，化学性质也比较稳定。两元素的共同特点是随着温度和压力的增加，其在岩石中的运移速度加快。

气体运移主要受三种因素影响，即温度、压力和浓度差作用，其中温度差异对气体运移速度影响最大。当岩层中存在温度差时，高温处的气体将向低温处运移，达到平衡后低温处的气体浓度将高于高温处的气体浓度；气体运移速度受压力差的影响也较大，压力高处的气体将向压力较低处运移，最终使压力低处的气体浓度高于压力高处的气体浓度。地热田中的 Rn、Hg 分布模式的形成主要受上述因素控制。

2.Rn、Hg 线状异常形成机制

地热田中 Rn、Hg 异常的线状分布模式主要受断裂构造控制。断裂构造处岩石破碎，小裂隙多，压力相对低，可为气体运移提供良好通道。热田中的地下水，溶解能力强，在其循环过程中能把岩石中的 U、Ra、Hg 等浸出并随之运移，其中的 U、Ra 不断衰变而产生 Rn。受温度和压力差的驱动，Rn、Hg 易逸出，进入到压力小且温度相对低的断裂构造中，在压力梯度的影响下，Rn、Hg 可运移至地表土壤形成相对高浓度的异常，其形成机制如图 4*A* 所示，即主要受断裂构造控制。

3.Rn、Hg 环状异常形成机制

地下热水及其盖层中都含有 Rn、Hg 等气体，当盖层保存完好且没有出现较大裂隙时，热储及周围盖层中的 Rn、Hg 气体，受热储高温影响，将向周围的低温处运移，当运移达平衡后，热田中心地带的气体浓度降低；而边缘地带的气体浓度将增高，沿有利通道上升到地表土壤中，形成呈环状分布的 Rn、Hg 异常，其形成机制如图 4B 所示。

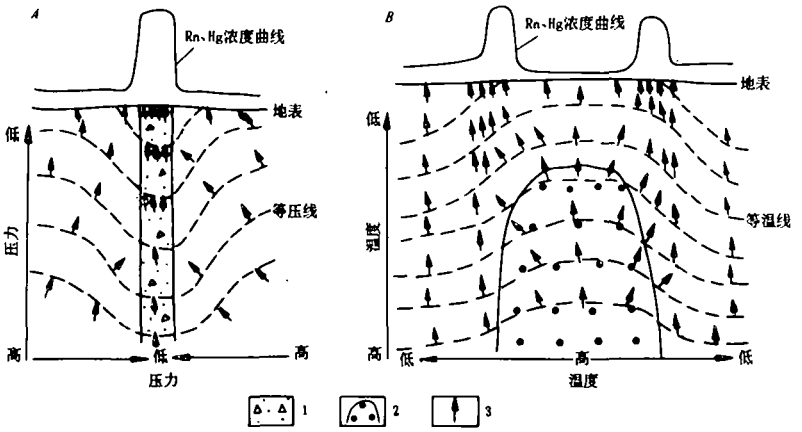

图 4　Rn、Hg 线状（*A*）和环状（*B*）异常形成机制示意图

1－断裂破碎带；2－热储范围；3－Rn、Hg 运移方向

4. 线状异常和环状异常的关系

呈线状分布的 Rn、Hg 异常一般由热储盖层中的断裂构造所致，但是，如果断裂上方的第四系覆盖物太厚，Rn、Hg 异常则在土壤中转为沿断裂构造走向分布的环状异常；呈环状分布的 Rn、Hg 异常多由具保持

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

完好的非第四系覆盖层下的岩基或断裂热储引起，如果盖层中出现裂隙，则环状异常内可能出现线状异常，在作成果推断解释时应特别引起注意。

模式应用前景

以前把地热田中的Rn、Hg等气体异常普遍解释为由构造和岩性因素引起，忽视了其他因素的作用，特别是地热本身的作用。Rn、Hg异常呈线状分布已得到公认，但大量资料表明，呈环状分布也确实存在，在寻找与勘探地热田及温泉过程中，这种现象具有重要的指示意义。一般的泉水是多成因的，但温泉的成因主要是断裂构造型的，呈带状展布，故呈线状分布的Rn、Hg异常可指示温泉的展布方向。环状Rn、Hg异常是地下热储的直接反映，故可指示隐伏地热田的分布范围。地质作用是多种多样的，在具体应用时应作综合分析，以便更有效地为国家寻找热源。

本文撰写过程中曾得到贾文懿教授和王剑锋副教授的指导，在此表示感谢。

参考文献

[1] 朱炳球等，《勘查地球物理勘查地球化学文集》(第7集)，地质出版社，1988,第251页。

[2] 贾文懿等，《勘查地球物理勘查地球化学文集》(第7集)，地质出版社，1988,第230页。

[3]Tonani, F.B. ,Geothermies, Spec.Iss.2 ,1970,Vol.2, p t.1, p.492～515.

[4] 贾文懿等，《勘查地球物理勘查地球化学文集》(第4集)，地质出版社，1986,第87页。

[5] Maltick, J.S. and Buseck, P.R. , Second United Nations Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources, 1975, Vol.1, p.785～792。

[6] 薛常水，《勘查地球物理勘查地球化学文集》(第4集)，地质出版社，1986,第136页。

Distribution Model and Formation Mechanism of Rn, Hg Anomaly in the Geothermal Field

Tong Yunfu Sun Suqing

In this paper, the authors not only illustrate the distribution characteristics and the models of Rn, Hg anomaly, but also discuss the formation mechanism of Rn,Hg anomaly. The linear anomaly indicates the hot spring distribution, and ring anmoaly indicates the distribution range of concealed geothermal field.

东海县发现大型蓝晶石矿

这是该县于80年代初在房山镇上庄村境内发现蓝晶石矿后发现的又一大型蓝晶石矿，位于双店乡后昌村西北，面积达8万多平方米，原矿石储量亿吨以上，属榴辉岩型。据有关部门测试，蓝晶石含量15%～18%,完全达工业要求。

西藏南部发现蓝宝石矿

该矿产于沿雅鲁藏布江缝合线分布的某基性岩与花岗岩的接触带上，靠近基性岩一侧，其蓝宝石直径在2.6～6.8mm以上，多呈板状、厚板状嵌于磁铁矿和角闪石或斜长石间。

(转自《冶金地质动态》，*1993*年第*7*期)

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net