

# 天津市宁河县土壤氡含量与断裂构造的耦合关系初探<sup>1</sup>

宋小军<sup>1</sup>，姚慧敏<sup>2</sup>，肖飞<sup>1</sup>，秦正永<sup>3</sup>，张宝华<sup>1</sup>，詹华明<sup>1</sup>

(1. 天津华北地质勘查局地质研究所，天津 300181；2. 天津华北地质勘查局科技管理部，天津 300181；3.天津地质矿产研究所，天津 300170)

**摘要:** 利用 MT 和 EH4 大地电磁测深的方法，在对天津市宁河县的断裂构造格局进行了新一轮的探测后，结合前人航磁、重力、电法和地震等资料，重新确定了该地区的断裂构造格架。为了进一步掌握断层的确切位置，笔者利用 FD - 3017 镭 A 测氡仪对断裂带及其附近位置的土壤氡含量进行了测量，发现在厚大的第四系覆盖地区，土壤氡含量对断裂构造的反应敏感，断裂带正上方氡含量最高。该方法具有实用推广价值。

**关键词:** 天津市；宁河县；断裂构造；土壤氡含量

**中图分类号:** P546      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1672-4135(2006)03-0179-6

## 1. 引言

天津市宁河县是第四纪沉积物覆盖层较厚 ( 400 m ± ) 的地区，也是基底断裂构造十分发育的地带。区内断裂构造多具有继承性活动，表现在自 1976 年唐山地震后至 2004 年期间，宁河县发生了 3.8 ~ 6.9 级的地震多达 30 余次，断裂构造的水平位移和垂直变形较大。断裂构造是地球的放气口，地震活动与新构造活动的关系最为密切，从而引发地壳深部聚集的气体沿断裂构造破碎影响带部位向上排放，形成局部地段土壤中的气体富集。就氡含量而言，显现出明显的异常峰值，并与断裂构造位置相吻合。利用土壤氡含量测量方法来判别覆盖层之下是否存在断裂构造，在国内其他地区已有应用<sup>[1-3]</sup>，但在天津厚大覆盖层地区的试验尚属首次，判别结果是氡含量异常与断裂构造的地面投影位置相当吻合，同时也基本确认了这些断裂构造具有继承性活动，或称之为新构造活动。

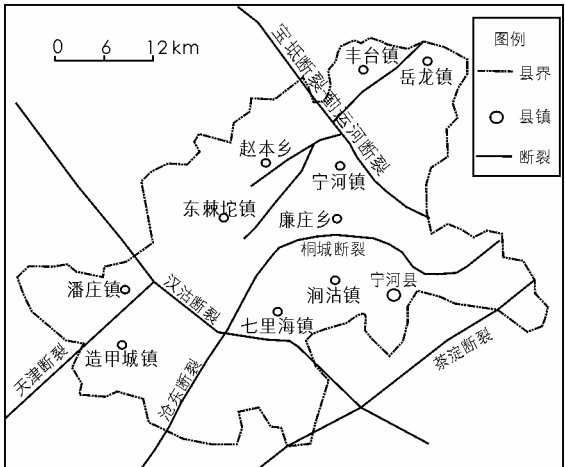


图 1 天津市宁河县主要构造相对位置示意图<sup>[1]</sup>

Fig.1 Sketch showing the main faults in Ninghe, Tianjin

收稿日期：2006 - 08 - 25

基金项目：津市科学技术委员会应用基础研究计划项目(05YFJMJC14500)；天津市国土资源和房屋管理局科技处津国土房科 ([ 2006 ] 550 号--No.22)

作者简介：宋小军 ( 1961 - )，男，1982 年华东地质学院水文地质专业，教授级高工，从事水工环灾及综合地质研究。

## 2. 断裂构造的基本情况

### 2.1 前人研究现状

《天津市区域地质志》<sup>[4]</sup>的“断裂构造特征”描述和附图之二“基岩地质图”上显示，NNE - SSW 向的沧东断裂北端在宁河县廉庄附近向东掉头，总体趋向呈 NNE EW SE EW NE 的“~”形态（图 1），向东掉头及延伸段称其为桐城断裂。《河北省北京市天津市区域地质志》<sup>[5]</sup>对“沧州 - 大名深断裂亦称沧东断裂”的描述中，明确了沧东断裂继续向北延伸至唐山的结论，但图示以推测虚线表示。笔者个人咨询得知，上世纪九十年代，以探查石油、地热为主要目的，石油物探部门在天津地区做了大量的航磁、重力、电法和地震普查工作，在近期的一些未公开的工作报告及其附图中，表示了桐城断裂一带为三条平行的断裂组，但为了与《天津市区域地质志》保持相对的一致性，依然是按桐城断裂的方向画出的三条弧线，暂定名为桐城断裂、宁河断裂和八亩坨断裂，而桐城断裂在沧东断裂西侧的西延段没有表示。天津市地矿部门和地震部门在上世纪九十年代中期的一些工作报告及其附图中，也十分明确地画出了沧东断裂的向北延伸段，尤其是在重力测量成果方面，图中明确表示出：沧东断裂北延伸线的东西两侧重力异常等值线是不连续的，呈两个独立的轴向 NNE 向的长椭圆型闭合等值圈，两组独立封闭等值圈的交切线正是沧东断裂向北延伸的方向线，且以实线表示。《天津市区域地质志》地震垂直形变图等值线图中显示：形变沉降中心在宁河县城一带，呈 NNE 向长椭圆型闭合等值圈，与上述的重力异常等值线极为相似。该独立封闭的等值圈在贴近沧东断裂北延伸线的边界处变得异常密集，呈高梯度陡密状，其切线方向就是沧东断裂的北延方向线。该图是用以说明沧东断裂的新构造活动痕迹，但这一点本身就与桐城断裂的画法自相矛盾。

### 2.2 本次研究结果

如图 2 所示，本次研究进行了大地电磁测量（MT）测线的布控。芦台断裂组和沧东断裂分别有三条 MT 测线穿过，其中 MT-2 测到了廉庄断裂在沧东断裂西侧的西延段；芦台断裂组用 EH4 - 2、5、6 测线分别进行了验证。这样，每条断裂均有三条 MT 测线和一条 EH4 测线控制。通过 MT 大地电磁测量结果的反演解译，初步认为：沧东断裂继续向北延伸（图 2），桐城断裂的相应部位是由一组 EW 向断裂构成的，按由北向南的顺序和地理位置，作者分别称之为廉庄断裂、芦台断裂和润沽断裂，并总称为芦台断裂组。NW - SE 向的蓟运河断裂在宁河县境内分散为三条平行的断裂，按由北向南的顺序，分别称之为北蓟运河断裂、蓟运河断裂和南蓟运河断裂，并总称为蓟运河断裂组。为了证实桐城断裂一带的芦台断裂组存在的可靠性，又用 EH4 电磁测深仪进行了验证，确认了廉庄断裂、芦台断裂和润沽断裂的位置，其上断点埋深分别为 170 m ±、230 m ± 和 205 m ±。

## 3. 土壤氡含量特征与断裂构造的关系

通过大量的地震资料和地面位移监测资料的分析，这些断裂都具有不同程度的继承性活动和新近的活动迹象，如果其活动性存在，就必然有深部聚集的气体沿断裂部位向上排泄，于是，在物探测线发现断裂构造的重点部位又进行了土壤氡测量，以对断裂的存在进行验证。使用仪器为 FD - 3017 镭 A 测氡仪。

在垂直于主要断裂构造线的位置上共布设了氡气测量剖面线 9 条，测点 471 个，采样 959 个。经过 20 个背景观测点的氡气含量计算，确定本地区的氡气含量背景值为 1.98Bg/L。剖面测点间距一般 50 ~ 100m，个别为 200 m。9 条测线均反映出断裂构造处的氡气聚集异常值，一般异常值宽度为 0.5 ~ 2 km。异常峰值以尖锐多峰为主，极少为平缓峰值（图 2、3），个别曲线异常峰值的位置与 MT 解译的构造线有较大的偏移，分析其原因是：断层的上断点埋深较大，异常体现的是断层上盘方向的氡气聚集，地质体的密度和结构变化，氡气随水迁移，MT 解译的构造线投影位置等因素。

本区断层均为正断层性质，NE 向断层向 SE 倾，NWW 或 EW 向断层向 SE 或 S 倾。从图 2 和图 3 中可以看出，测量结果显示氡的异常峰值和断裂位置一致。各曲线的判译结果描述如下：

(1) Rn01 线：测线长 7.8 km，测点 40 个，点距 200m。测线北半段有多峰值出现，在原基岩地质图上有显示基岩体中的顺层断裂；中间的峰极值为 7.4 Bg/L，峰背比为 3.8，显示了东棘坨断裂的位置；南段次峰值为 5.4 Bg/L，峰背比为 2.7，显示了赵本断裂的位置。峰值均表现出向断裂的上盘方向偏移 0.3 ~ 0.5 km。

(2) Rn02 线：测线长 4 km，测点 51 个，点距 100m，在峰值附近加密为 50m。测线北半段有两个峰值出现，南面的峰极值为 24.1 Bg/L，峰背比为 12.2，显示了赵本断裂的位置；北面的次峰值为 19.2 Bg/L，峰背比为 9.7，显示了东棘坨断裂的位置。峰值均表现出向断裂的上盘方向偏移 0.5 ~ 0.8 km。

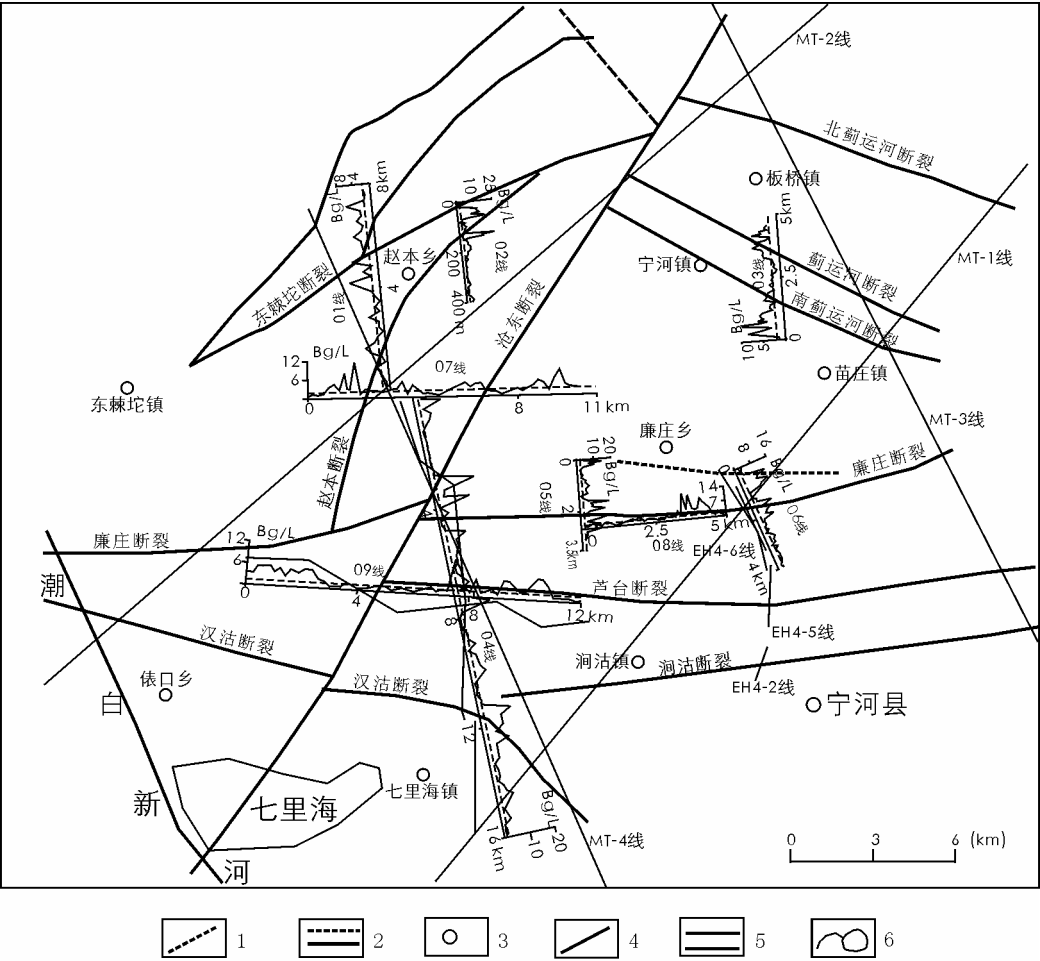


图 2 土壤氡含量测量曲线与断裂构造关系图

Fig.2 Correlation among the MT/Eh<sub>4</sub> survey lines, the radon content in soil and the fault position

1. Rn 推测的断层；2. Rn 背景值线/测线；3. 村镇；4. 实测断层；MT. 测线/Eh<sub>4</sub> 测线

(3) Rn03 线：测线长 4.6 km，测点 54 个，点距 100 m，在峰值附近加密为 50 m。测线南北两端各有一个峰值出现，南面的峰极值为 9.6 Bg/L，峰背比为 4.8，显示了南蓟运河断裂的位置，峰值表现出向断裂的上盘方向偏移 1.5 ~ 1.8 km，北面的次峰值为 6.2 Bg/L，

峰背比为 3.1，显示了蓟运河断裂的位置，峰值表现出向断裂的下盘方向偏移 0.5 ~ 1.2 km，可能与次级构造破碎带的存在、地层结构或地下水运移等因素有关。

(4) Rn04 线：测线长 16 km，测点 81 个，点距 200 m，受地形影响而 3 次平移。测线北端与 Rn01 线南端相接，在沧东断裂和廉庄断裂的交汇部位出现两个峰值，对应沧东断裂的峰极值为 17.7 Bg/L，峰背比为 8.9；对应廉庄断裂的次峰值为 16.2 Bg/L，峰背比为 8.2；对应芦台断裂的峰值为 15.9 Bg/L，峰背比为 8.0；对应涧沽断裂的峰值为 5.7 Bg/L，峰背比为 2.9，反映不十分显著；对应汉沽断裂的峰值为 14.2 Bg/L，峰背比为 7.2，但略向下盘方向偏移 0.5 km。

点是在廉庄断裂上部出现多峰值，显示了廉庄断裂附近的多级次生断裂的存在。Rn05 和 Rn06 线北端各出现的高异常峰值为尖锐峰值，虽然物探解译结果没有明显特征，但不排除是一条浅部的、断距和断面影响范围都小的断层，因为，本次使用的物探方法以深部探测为主，对浅部的探测反映不敏感。

(6) Rn07 和 Rn09 线：测线长 10.2 和 12 km，测点 53 和 73 个，点距 50 ~ 200m，除对赵本断裂和芦台断裂的位置有明显的反映外，在沧东断裂附近显示微弱，这与当天起风下雨所测得的值偏低有关，但也不排除沧东断裂在此地段呈扭性，断点更深，并在基岩体中顺层发育，断层闭合性强而气体反映弱的可能，因为物探方法反演解译的情况也说明其上断点很深，而其它 NWW 和 EW 向断裂构造的上断点基本上都切入了中更新统，深度在 150 ~ 240 m 之间。

总的来看，区内 NE - SW 向断裂构造部位的氡气聚集异常值普遍比 NW - SE 向的值要高（表 1），这似乎说明在现状条件下，NE - SW 向断裂构造总体上比 NW - SE 向断裂构造的活动性要强；在同一条断裂构造上的不同位置，氡气聚集异常值未必一样；多条断裂构造交汇部位氡气聚集异常值大且异常区间也大，如图 3 中 04 线在沧东断裂与廉庄断裂的交汇部位。氡气聚集异常值的大小一方面指示了断裂构造具有继承性活动的迹象，另一方面，也表示出构造带部位的岩性破碎程度、次级构造发育的可能性。

表 1 宁河县土壤氡含量测量结果与相应位置的断裂构造特征对照表

Table 1 Correlation between the measured radon content in the soil and the related fault position in Ninghe County

序号	断裂名称	测线号	走向	倾向	倾角	性质	峰极值(Bg/L)	峰背比	偏移量
1	东棘坨	1、2	NE	SE	60-70°	正断层	19.2	9.7	东 1 km
2	赵本	1、2	NE	SE	55-65°	正断层	24.1	12.2	无
3	沧东	4、7、9	NE	SE	50-65°	正断层	17.7	8.9	无
4	蓟运河	3	NWW	SW	60-75°	正断层	7.7	3.9	无
5	南蓟运河	3	NWW	SW	65-75°	正断层	9.6	4.8	南 2 km
6	廉庄	4、5、6、8	SW	S	50-70°	正断层	18.5	9.3	无
7	芦台	4、9	SW	S	75-85°	正断层	13.4	6.8	无
8	涧沽	4	SW	S	50-70°	正断层	6.6	3.3	无
9	汉沽	4	NW	SE	80-85°	正断层	14.2	7.2	无
10	推测	5、6					15.2	7.7	

4. 结论

通过实际工作表明，即使在盖层厚度较大的地区，土壤氡含量测量仍然可以较好地反映出断裂构造的相对位置和断裂构造的活动性。对于寻找隐伏断层存在的迹象，大体确定断层的位置和走向有着一定的指示性效果，且经济投入少、效率高，是一项值得推广的地质工作方法。本次工作的精度不高，观测点间距较大，还有待于今后更深入的研究。值得指出

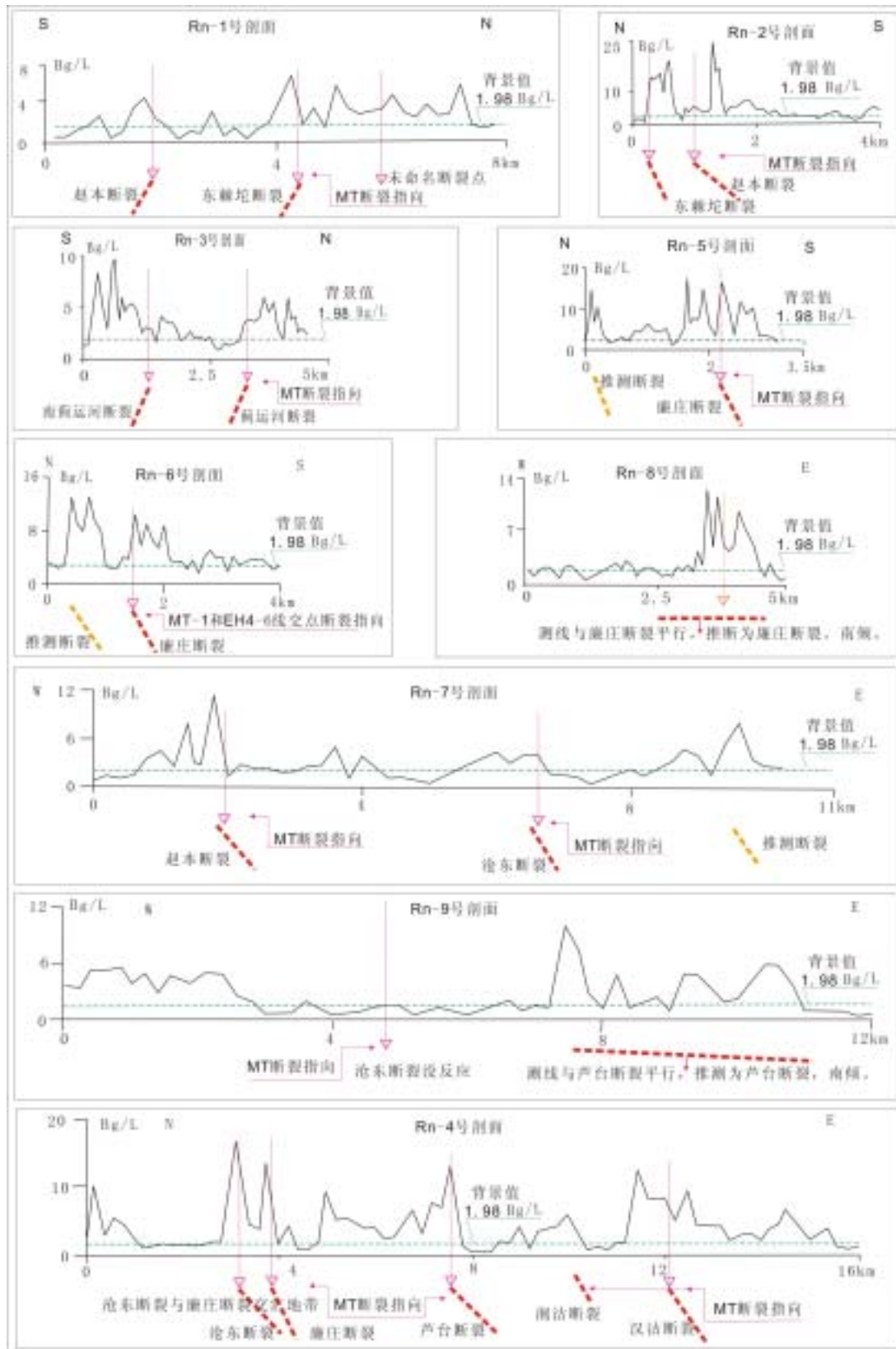


图3 土壤氡气含量与 MT 大地电磁测量确定断裂位置的对应关系图

Fig.3 Correlation between the radon constant in soil and the fault position measured by the MT electromagnetic method

的是：氡气测量只是对构造的活动性进行一般性的判断，对构造位置的判别是半定性的，尤其在厚大覆盖层的地区，对氡气聚集异常值的解释就显得很困难。值得欣喜的是，这次土壤（5）Rn05、Rn06 和 Rn08 线：共计 12.1 km，129 个测点，点距 50~100m。其共同的特氡含量测量达到了良好效果，为今后在宁河地区继续进行土壤氡、水中氡及空气氡与断裂构造、地震、环境评价等方面的综合性研究打下了良好的基础。

## 参考文献

- [1] 卢伟, 王正铤 高福清, 等. 一个旧地区环境中氡气与地质特点的关系 [J]. 环境科学, 1995, 16(2): 19-22.
- [2] 刘江平, 周斌, 李庆红. 氡(Rn)射气测量在胜利油田隐伏断裂研究中的应用 [J]. 华北地震科学, 2004, 22(1): 42-45.
- [3] 张骏, 高秀君, 李侠, 等. 霍州矿区隐伏断裂(带)活动性氡气测试成果解释分析 [J]. 高原地震, 2000, 12(1): 16-21.
- [4] 天津市地质矿产局. 《天津市区域地质志》[M]. 北京: 地质出版社, 1992.
- [5] 河北省地质矿产局. 《河北省北京市天津市地质志》[M]. 北京: 地质出版社, 1989.

## Coupling Relation between the Radon Content in the Soil and the Faults in Ninghe County, Tianjin

SONG Xiao-jun<sup>1</sup>, YAO Min-hui<sup>2</sup>, XIAO Fei<sup>1</sup>, QIN Zheng-yong<sup>3</sup>, ZHANG Bao-hua<sup>1</sup>,  
ZHAN Ming-hua<sup>1</sup>

(1. Geological Institute of Tianjin North China Geological Exploration Bureau, Tianjin 300181, China; 2. Science Managing Department of Tianjin North China Geological Exploration Bureau, Tianjin 300181, China; 3. Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170, China)

**Abstract:** Through the MT and electromagnetic method, the fault structure in Ninghe County, Tianjin was surveyed again. Combining with the former information of aeromagnetic, gravity, electric and earthquake survey, the fault structure in this area was reestablished. And in order to know the real position of the faults, the author used the radonscope FD-3017 La A to survey the fault zones and the nearer places, and found that the higher radon content is just on the fault zones in the place covered by the thick Quaternary system. So, this method should be popularized quickly.

**Key words:** Tianjin; Ninghe County; fault structure; radon content in soil