

山东黄河口地区航磁磁场

王越胜 王卫平

摘 要 以1996年1:5万高精度航空磁测资料为基础,参考其它地球物理及地质资料,对山东黄河口地区基底构造、断裂构造格架进行了分析,尤其是探讨了航磁场特征、基底构造、断裂构造与地下热水分布的关系,在此基础上对本区的地热水远景进行了初步的分析。

关键词 航磁磁场特征;基底构造;地下热水远景

CHARACTERISTICS OF AEROMAGNETIC FIELD AND PERSPECTIVE

ANALYSIS OF UNDERGROUND THERMAL WATER IN THE MOUTH AREA OF THE YELLOW RIVER, SHANDONG PROVINCE

Wang Yuesheng, Wang Weiping

(Aerogeophysical Survey and Remote Sensing Center, Beijing 100083)

Abstract Based on 1:50 000 high-precision aeromagnetic data of 1996 and consulting other geophysical and geological data, this paper has analysed the framework of basement structure and fault structure and, in particular, probed into the relationships of aeromagnetic field characteristics, basement structure and fault structure to the distribution of underground thermal water. On such a basis, the paper also makes a preliminary analysis of the prospects of underground water in this area.

Key words characteristics of aeromagnetic field; basement structure; prospects of underground water

山东黄河口地区是我国重点开发区,工农业发展很快。随着当地经济和旅游业的发展,对地热水的开发利用已逐渐引起当地政府的重视。但由于黄河口地区幅员辽阔,中新世沉积厚度较大,仅靠地面地质工作要想弄清地热水的分布情况是困难的。因此,利用快速有效的航空磁测资料研究基底构造、断裂构造及分析地热水资源的分布规律是十分必要的,以便为本区地热水资源的勘查与开发提供依据。

1 区域地质概况

本区在大地构造上属于华北地台，齐河—广饶大断裂以南为鲁西台背斜，以北为辽冀台向斜(图1)。在辽冀台向斜内，以陵县—渤海农场大断裂为界，北部为埕宁隆起区，南部为济阳拗陷。

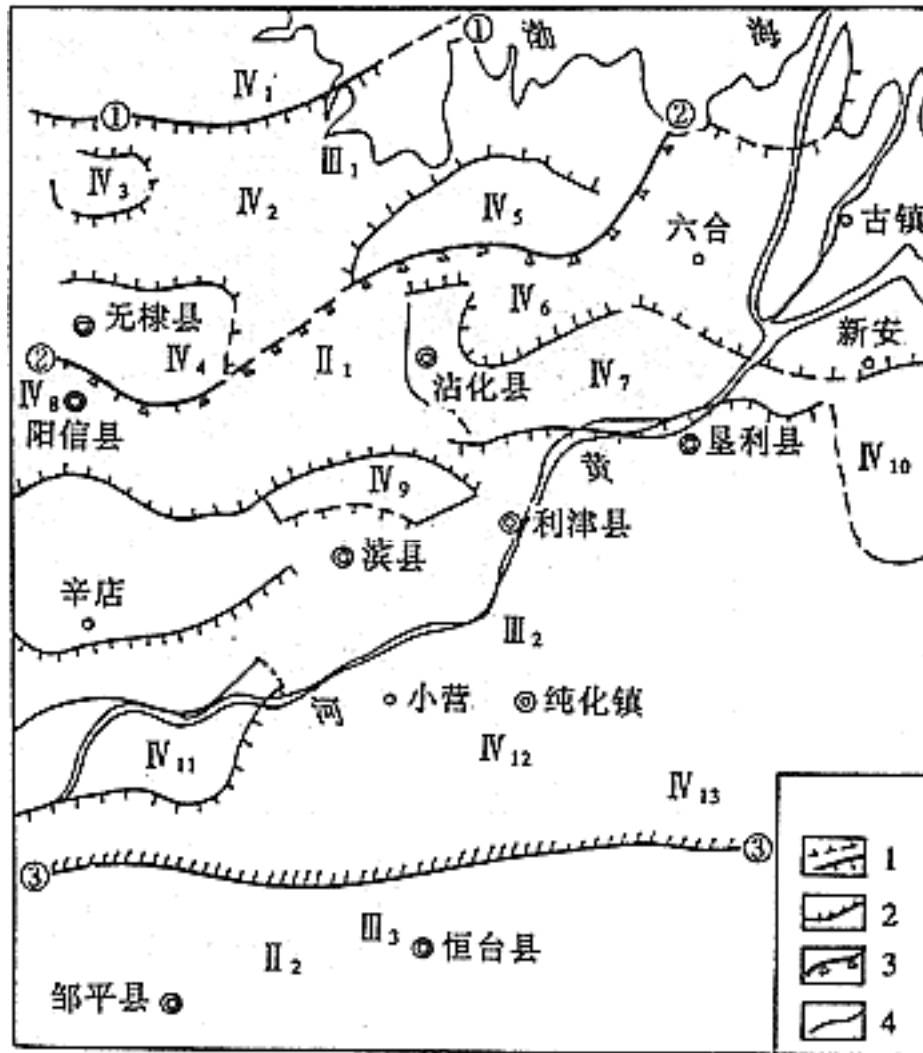


图1 山东黄河口地区区域基底构造略图

1—断层；2—二级单元边界；3—三级单元边界；4—四级单元边界；
 —埕子口断层； —陵县—渤海农场大断裂；
 —齐河—广饶大断裂； 1—辽冀台向斜： 1—埕宁隆断区：
 1—埕子口凸起， 2—车镇凹陷， 3—庆云凸起， 4—无棣凸起，
 5—义和庄凸起； 2—济阳拗陷区： 6—沾化凹陷，
 7—陈家庄凸起， 8—惠民凹陷， 10—青坨子凸起，
 11—青城凸起， 12—东营凹陷， 13—广饶凸起，
 2—鲁西台背斜： 3—鲁西断隆区

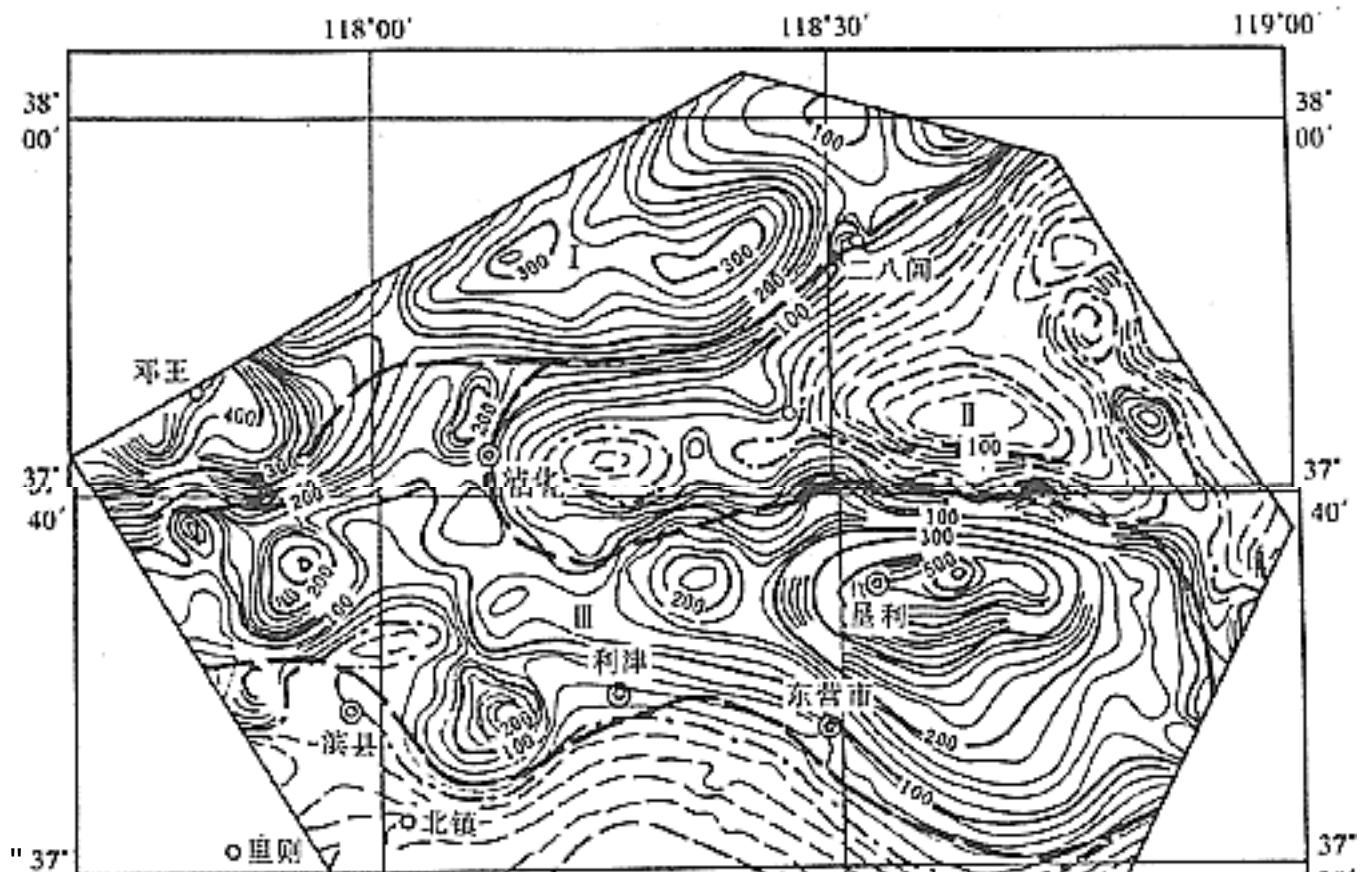
埕宁隆起区内新生代地层沉积厚度小，最厚不超过3 000 m，部分地区缺失第三系。济阳拗陷区内有较大厚度的中新世沉积层，东南在昌潍地区新生代地层沉积厚

度大，可超过5 500 m，自上而下为第四系、第三系、老第三系。另外，在济阳拗陷区内划分有沾化凹陷、陈家庄凸起、惠民凹陷、滨县凸起、青坨子凸起、青坳凸起、东营凹陷、广饶凸起等8个四级构造单元。

据已知钻井资料证实，在本区的中部和北部地区蕴藏着低温地热资源，地下热水水温在25 ~ 60 之间，深度在500 ~ 1 700 m。它们主要分布在隆起和拗陷之间的过渡带上，属于板内地热带沉降盆地中的沉积断陷型地热带。

2 航磁场特征与基底构造

区内磁场面貌特征清晰，主要显示由北向南展布的高—低—高—低—高交替变化为特征(图2)。航磁异常总体走向以东西向和近东西向为主，局部为北东向。航磁异常形态以东西向或近东西向条带分布为主，其次为团块状局部异常及规模较小的北东及北西向条带异常。由于测区内全部为巨厚的中新世沉积层覆盖，故航磁多以形态宽缓、梯度变化规则为特征。根据磁场特征，将全区划分为5个磁场区来描述。



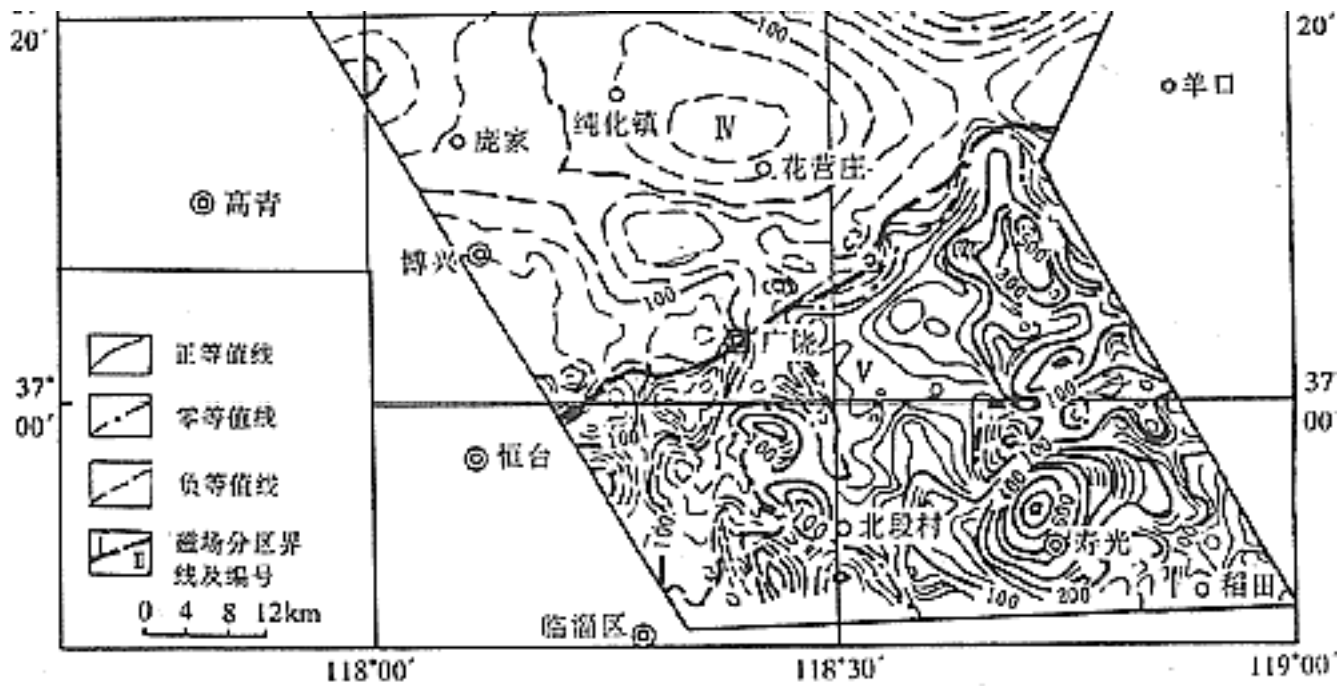


图2 山东黄河口地区航磁 ΔT 等值线与磁场分区

2.1 刘王庄—义和升高磁场区()

本区以区域性升高磁场为特征，异常形态总体呈近东西向，为梯度变化大，强度较高的条带状异常。根据磁场特征及已知钻孔资料推测，该升高磁场区是义和庄凸起及天棣凸起的反映。凸起区基岩为磁性较强、变质程度较高的前震旦系结晶基底。由航磁计算的结晶基底基岩顶面埋深为1~2 km。

2.2 南洼—军马分场变化磁场区()

本区以区域性降低磁场为主要特征，局部地区为升高磁异常。整个磁场区近东西分布，总体平面形态呈东宽西窄，在布格重力异常图上为重力低场，是沾化凹陷的反映。区域性磁场降低是由于基底的沉降幅度较大，加之上覆厚度较大的中新生代沉积层覆盖所致，据航磁计算中新生代的沉积厚度为5.0~9.0 km。

2.3 明家集—垦利升高磁场区()

本区主要表现为近东西向，局部向北扭曲的条带状升高磁场。从宽缓的升高磁异常的面貌特征上看，异常两翼呈不对称形态。北翼梯度陡，磁场强度迅速下降；南翼梯度较缓，磁场强度缓慢下降。对比布格重力资料发现，磁异常极值及极值以北对应重力高值区，而南翼则对应于重力低值区，将该磁场区所反映的磁性体推断为断裂构造控制的基底凸起。图3是董家集—七分场剖面义和庄凸起的正演拟合结果，磁性体两侧的断面为北部北倾，倾角陡，南侧断面倾角缓，呈慢坡状向南倾斜，顶面最小埋深1.2 km，据已有钻孔资料显示，基底为前旦系花岗片麻岩及其它变质岩系。

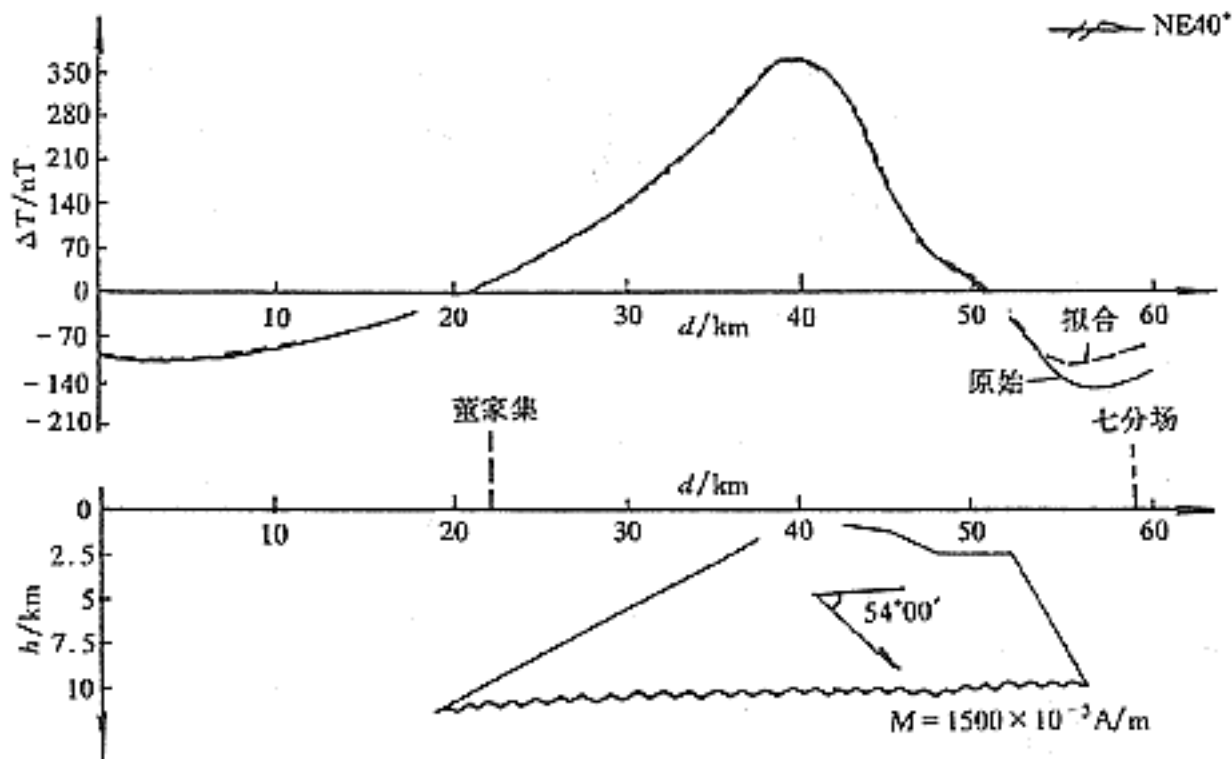


图3 董家集—七分场剖面义和庄凸起正演拟合结果

2.4 博兴—辛集降低磁场区()

本区的航磁 ΔT 反映为一片平稳变化的降低磁场，平面总体形态呈东窄西宽的三角形，北部由于受陈家庄凸起升高磁场的影响 ΔT 强度较大，向南逐渐降低。极值位于纯化镇—花官庄一线， ΔT 最小值为-151 nT，该磁场区是东营凹陷的反映，凹陷基底埋深较大，一般在5 km左右，在花官庄一带可达9 km。

2.5 临淄—寿光强烈变化升高磁场区()

区内以强烈变化的升高磁场为特征，东部以强磁高峰值异常为主，西部以低值跳跃变化异常为主，异常多为团块状或短轴异常，无一定走向，该磁场区为鲁西隆起区的反映。据航磁计算，磁性基底埋藏较浅，一般为1~2 km。

纵观全区，航磁场由北向南呈三高二低的分布特征，反映了磁性基底为三凸二凹的构造格局，磁性基底深度一般为3~4 km，在隆起区埋藏深度最小为1~2 km，而在东营凹陷及沾化凹陷最深可达9 km。

3 航磁场特征与断裂构造

根据区域磁场特征，对本区控制基底构造形迹的断裂进行圈定，共划分了32条断裂，其中有7条推断为区域性断裂，它们是 F_{22} ， F_{23} ， F_7 ， F_8 ， F_1 ， F_4 ， F_2 (图4)。断裂主要展布方向为近东西向，其次为北东向和北西向断裂。

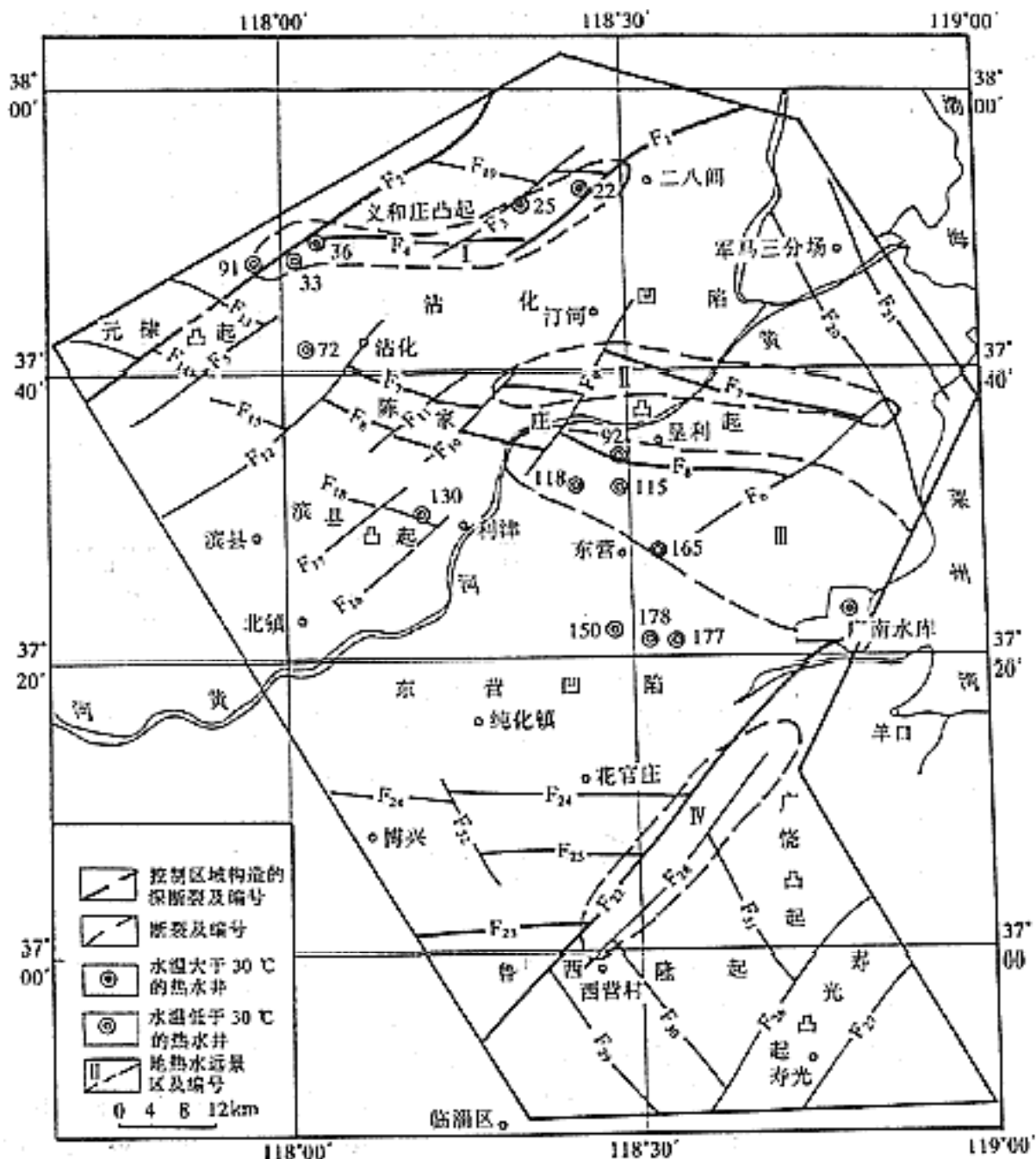


图4 山东黄河口地区断裂构造及地热水远景区推断

3.1 控制埕宁隆起区的断裂构造

埕宁隆起是辽冀台向斜中的1个三级构造单元，总体走向以东西向构造控制为主，被北东向断裂切割后形成多处断块。其构造形迹主要表现为南部边界受近东西向构造控制，沿走向存在着被北东向构造切割、错动的现象。在区域磁场上这些断裂处在升高磁场区边缘的梯度带上，以及沿走向磁力等值线突然改变方向的部位。

$F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_{13}, F_{14}, F_{19}$ 是控制区内埕宁隆起的主要断裂。其中 $F_4, F_{19}, F_{13}, F_{14}$ 是被局部改造的原东西向断裂构造，这组断裂是基底隆起形成过程中的同期断裂，它控制了早期基底隆起的基本形态， F_1, F_2, F_3, F_5 是后期形成的北东向断裂，这期断裂改造了当初的东西向基底隆起形态，形成了现今的构造形迹。

3.2 控制陈家庄凸起的断裂构造

被改造了的東西向断裂 F_7 和 F_8 是控制陈家庄凸起的主要断裂。在磁场上以升高磁场边部的梯度陡变带为特征，而且，在上延10 km磁场图上仍反映明显，说明断裂切割深度较大。陈家庄凸起反映的磁场其边缘梯度带有南缓北陡的现象，推测控制陈家庄凸起北界的 F_7 断裂向北倾产状较陡， F_8 断裂向南倾斜且倾角较缓， F_7 和 F_8 断裂后期被一组近平行的北东向断裂多处穿切，这组北东向断裂主要有 F_6 ， F_9 ， F_{10} ， F_{11} ， F_{12} ，北东向断裂使陈家庄凸起在走向被切割错动，并呈多个棱形断块体展布。

3.3 控制鲁西隆起区的 F_{22} 和 F_{23} 断裂

测区内广大地区属济阳拗陷区，其南部边界为 F_{22} 和 F_{23} 断裂控制，该断裂以南为鲁西隆起区。 F_{23} 为1条东西向断裂，其东端被北东向断裂 F_{22} 所截， F_{23} 断裂南部为跳跃的升高磁场，北部为较平缓的隆低磁场。 F_{22} 是1条延伸较长的北东向断裂，磁场特征与 F_{23} 断裂具有类似的特点。 F_{22} 和 F_{23} 断裂在上延10 km磁场图上仍有明显反映，说明断裂切割深度较大，并具有多期活动的特点。

4 航磁场特征与地热水资源的关系

测区中，水温超过30 的地热井(图4、表1)主要分布在久山村—四扣以及广南水库一带。经与航磁图对比，22号地热井(井深1 746.6 m，水温55)位于刘王庄—义和升高磁场区东部边缘梯度带发生扭曲的部位；25号地热井(井深724.5 m，水温36.5)、36号地热井(井深601.4 m，水温33)分别位于该磁场区的南部边缘的梯度带上或梯度带发生扭曲的部位；广南水库地热井(井深1 000余米，水温55)位于明家集—垦利升高磁场区、临淄—寿光强烈变化升高磁场区之间的过渡带上。另外，测区中25 ~ 30 的地热井也主要分布在磁力高边缘的梯度带上(表1)。据此分析认为，本区温度相对较高的地热井(30 以上)主要分布在强度较高的区域磁力高的边缘梯度带上，尤其是梯度带发生扭曲的部位。而在范围较小的局部磁力高边缘，地热水水温相对较低或地热水分布较少。分析此现象形成之原因，与基底起伏有关，由于强度较高，梯度较大的区域磁力高反映的基底埋藏深度相对较浅，且区域磁场梯度较陡，反映居里等温面相对隆起，故此部位地温梯度也较高。另外，区域性磁力高边缘的梯度带多反映为规模较大的深断裂，而且具有多期活动的特点，有利于地下水深循环及正常的热传导，而且，在断裂的交汇部位对地热水的形成更为有利。因此，区域性基底隆起与具有一定活动性的规模较大的深断裂是地热水形成的2个不可缺少的条件。如在义和庄和陈家庄凸起的中部，虽然基底埋深较浅，但可能不存在规模较大的深断裂，故地热水资源并不发育；在一些规模较小的凸起边缘(如滨县凸起)地热水分布较少或水温较低，这是由于控制其边缘的断裂规模较小所致。

表1 测区内已知热水孔登记一览

钻孔编号	孔深/m	涌水量/($\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$)	水温/	所在磁场位置
22	1 746.6	134.7	55	高背景场边缘梯度带发生扭曲的部位

25	724.5	1 277.8	36.5	高背景场边缘
33	433.0	96.0	24	高背景场边缘的梯度带上
36	601.4	519.4	33	高背景场边缘的梯度带上
91	408.0	398.0	27	高背景场边缘的梯度带上
92	705.0	1 484.0	29	高背景场边缘
118	665.0	1 089.0	27	高背景场边缘的梯度带上
115	690.0	328.0	27	高背景场边缘
130	454.4	240.0	26	高背景场的鞍部
72	500.2	1 007.2	25	高背景场的鞍部
165	670.0	902.9	27	高背景场的梯度带上
150	650.0	1 126.0	27	高背景场的边部梯度带上
177	645.6	568.0	28	高背景场的边部梯度带上
178	625.0	1 239.0	28	高背景场的边部梯度带上
广南水库地热井			55	高背景场边部的梯度带

5 对地热水资源远景的初步分析

通过对磁场特征、基底构造、断裂构造与地热水分布关系的分析，认为本区温度较高的(30 以上)地热水与磁场、地质构造特征关系密切，据此建立了本区地热水远景的磁场—构造模型。

1.位于强度较高、梯度较大的区域磁力高边缘的梯度带上，尤其是梯度带发生扭曲的部位，而且在上延10 km磁场图上梯度带仍有明显反映。

2.区域性基底隆起边缘的规模较大的深断裂，并受其它方向断裂的切割，具有多期活动的特点。

依此规律在本区共圈定了4片地热水远景区(图4)，现分别给予评价。

5.1 久山村—四扣地热水远景区()

该区位于刘王庄—义和升高磁场区的南部边缘梯度带上，在地质构造上位于埕宁隆起的南部边缘，基底埋深较浅，分布有F₁，F₄规模较大的深断裂和F₁₉，F₃断裂，并存在多处断裂交汇点。现已钻探的地热井水温在25 ~ 55 ，推断该远景区内，尤其是断裂交汇点附近有可能存在新的温度较高的地热水资源。

5.2 盐窝—西宋地热水远景区()

该区位于明家集—垦利升高磁场区的北部边缘梯度带上，磁力等值线较为密集且多处发生扭曲。在地质构造上位于陈家庄凸起的北部边缘，分布有规模较大的F₇深断裂，并被北东向断裂F₆，F₉，F₁₀多处错断，推断在上述断裂交汇点附近可能是寻找地热水的有利地段。

5.3 胜坨—中心村地热水远景区()

此区位于明家集—垦利升高磁场区南部边缘的梯度上，梯度带较为宽缓。在地质

构造上位于陈家庄凸起的南部边缘，分布有规模较大的 F_8 深断裂，并被北东向断裂 F_6 ， F_9 ， F_{10} 多处错断，由于本区基底呈缓坡状，且埋藏深度为2~5 km，地热水温度在25~30之间，只是在广南水库一带，由于受鲁西南北缘 F_{22} 断裂影响，地热井水温较高。所以，在本远景区主要存在温度较低的地热水，但在局部地段(如断裂交汇点)也有可能找到温度较高的地热水。

5.4 项家大营—高杨地热水远景区()

此区位于临淄—寿光强烈变化升高磁场区的北部边缘，在地质构造上位于鲁西南隆起的北部边缘，分布有 F_{22} 规模较大的深断裂和多处断裂交汇点，基底埋深1~3 km，据有关资料介绍，该区地温梯度相对较高，故认为是寻找地热水资源的良好场所。

6 结束语

1.通过磁场分区解释，对本区基底构造和断裂构造进行了划分，共确定断裂32条，其中7条推断为区域性深断裂，它们是 F_1 ， F_2 ， F_{22} ， F_{23} ， F_4 ， F_7 ， F_8 断裂。

2.分析探讨了磁场特征、基底构造、断裂构造与地热水分布的相互关系，初步建立了寻找地热水远景区的磁场—构造模型，圈定了4片地热水远景区，为本区寻找地热水资源提供了依据。

第一作者简介 王越胜，男，1952年12月出生于浙江省绍兴市。长春地质学院地勘系毕业，现就职于国土资源部航空物探遥感中心，多年从事航空物探磁、电、伽马能谱测量的综合解释，曾发表数篇论文。

作者单位：国土资源部航空物探遥感中心 北京 100083

参考文献

- 1 王懋基、张文斌、欧介甫，等.航空物探解释方法.北京：地质出版社，1992
- 2 欣兹 W J.区域重磁异常图的应用效果.北京：地质出版社，1990

1999年4月27日收稿。