

doi: 10.11720/wtyht.2017.3.01

于长春, 乔日新, 张迪硕. 雄安新区航磁推断的三维基底构造特征[J]. 物探与化探, 2017, 41(3): 385–391. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.3.01>

Yu C C, Qiao R X, Zhang D S. The basement tectonic characteristics from interpretation of aeromagnetic data in Xiong'an region[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2017, 41(3): 385–391. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.3.01>

雄安新区航磁推断的三维基底构造特征

于长春, 乔日新, 张迪硕

(中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083)

摘 要: 雄安新区地处平原厚覆盖区, 前新生界岩性基底结构与构造是城市规划与开发的重要依据。本文依据 1988 年在雄安新区及周边开展航空磁测及伽马能谱测量成果, 重新整理了岩矿石物性、磁场及推断岩性构造图等资料, 分析了基底构造及油气分布区特征, 给出了三维岩性构造图。分析认为该地区的区域地壳深部结构相对稳定。

关键词: 雄安新区; 航磁; 基底; 构造; 规划

中图分类号: P631

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2017)03-0385-07

0 引言

河北雄安新区是 2017 年 4 月 1 日中共中央、国务院决定设立的, 是具有全国意义的新区, 是千年大计、国家大事。规划范围涉及河北省雄县、容城、安新 3 县及周边地区。为更好地服务雄安新区建设, 利用航空物探在平原厚覆盖区勘查技术, 对雄安新区及周边区域构造及基底结构特征进行研究, 可为新区的规划和建设提供重要的科学依据。

雄安新区位于华北地台之华北台坳内的冀中坳陷北部, 中国国土资源航空物探遥感中心(简称航遥中心)自 1960 年开始, 就在该区多次开展以寻找油气及金属矿产为目的的航空磁测工作, 磁测资料覆盖全区。1988 年航遥中心在该区内开展了 1:5 万高精度航空磁测及伽马能谱测量, 测线间距 500 m, 平均离地飞行高度 100 m, 照相定位误差小于 50 m, 航磁测量总精度为 2.1 nT^[1]。

笔者在 1988 年航空磁测及伽马能谱测量成果解释基础上^[1], 编制了雄安新区及周边的航磁 ΔT 平面等值线图及三维推断岩性构造图, 对雄安新区基底构造特征进行了分析, 认为该地区的区域地壳深部结构相对稳定。

1 工作区地质概况

工作区位于北纬 38°41′~39°10′、东经 115°37′~116°20′之间, 东西长 62 km, 南北宽 54 km, 北到白沟镇北、西至徐水县城、南抵高阳—任丘县城一线、东临霸县县城—文安县城一线, 处于京、津、保三角地带中心, 呈北东走向的雄安新区位于其中(图 1)。区内地势西、北高, 向东南缓倾斜, 平缓开阔, 海拔从西北 32 m 缓慢变化到东南 5 m。该区地处河北平原之中, 受喜马拉雅运动影响而形成明显的下陷盆地, 其基底呈隆起与坳陷相间的构造格局, 控制着新生界沉积物的分布与发育^[2]。前新生界基底之上不整合覆盖着新近系、古近系地层, 主要岩性为泥岩、砂岩、砂砾岩, 结构呈微一半胶结状。第四系与新近系、古近系为连续沉积, 第四系为黏土、亚黏土、砂等。

工作区位于冀中坳陷的北部, 冀中坳陷是华北地台之华北台坳内的一个三级构造单元^[1]。工作区内分布着从属冀中坳陷的 11 个四级构造单元^[3](图 1)。区内前中元古界地层构成了本区褶皱变质基底, 中元古界—古生界地层构成了本区地台型基底, 为一套以海相碳酸盐为主的地层。中生代以后

收稿日期: 2017-04-28

基金项目: 中国地质调查局项目“秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查”(1212012030001600016)

作者简介: 于长春(1984-), 男, 汉族, 博士, 教授级高工, 长期从事航磁方法技术研究和航磁资料解释工作。

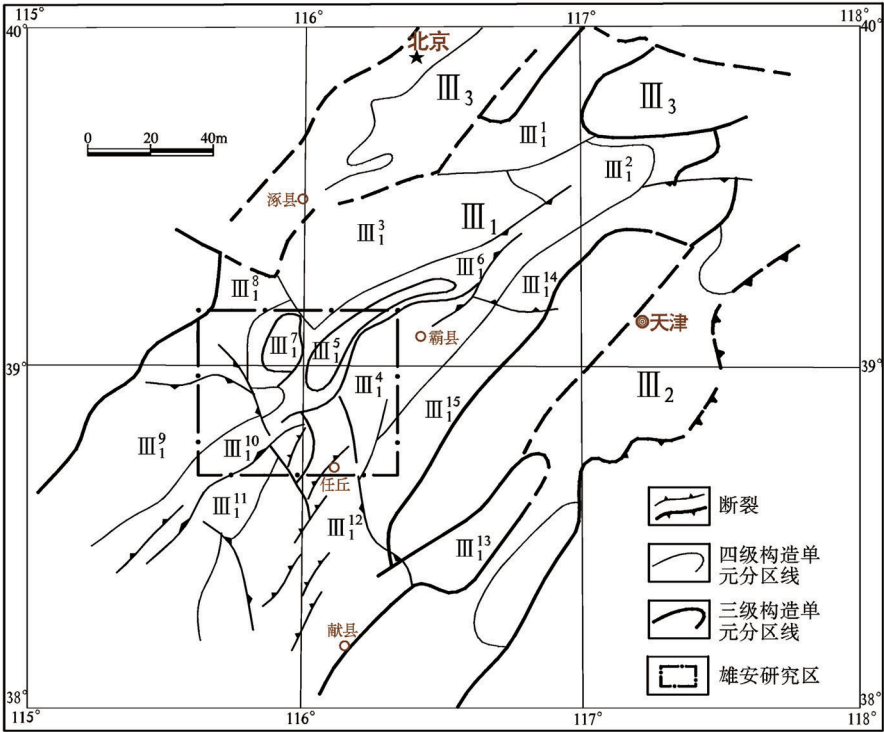


图 1 冀中北部地区构造单元略图(据吴继龙^[3])

III₁—冀中拗陷; III₂—沧县隆起; III₃—北部边缘带; III₁¹—大厂凹陷; III₁²—武清凹陷; III₁³—廊固凹陷; III₁⁴—霸县凹陷; III₁⁵—牛驼镇凸起; III₁⁶—牛北斜坡; III₁⁷—容城凸起; III₁⁸—徐水凹陷; III₁⁹—保定凹陷; III₁¹⁰—高阳凸起; III₁¹¹—里县斜坡; III₁¹²—饶阳凹陷; III₁¹³—里坦凹陷; III₁¹⁴—杨村斜坡; III₁¹⁵—文安斜坡

为断块活动期。中生代时期沉积较局限,始新世初期开始大规模断陷,接受了巨厚的古近系、新近系及第四系沉积。

2 地球物理特征

2.1 岩石磁性分析

表 1 中磁化率数据是 1987 年初使用 SI-A 型磁化率仪对冀中拗陷及周边 47 口钻井岩芯系统测量结果,对其数据分析如下。

1) 结晶基底及沉积盖层磁性特征

太古界—古元古界中深变质岩系磁性甚为复杂,一般负变质岩类磁性较弱,磁化率多在 $(20 \sim 100) \times 10^{-5}$ SI 之间变化。正变质岩类一般磁性较强,磁化率变化范围 $(300 \sim 2\,500) \times 10^{-5}$ SI。一般认为太古界—古元古界岩系构成了本区的磁性基底,区域性负磁场多与负变质岩构成的弱磁性基底有关,而正变质岩和中酸性岩浆侵入体构成的强磁性基底是引起区域性正磁场的主要因素。

中新元古界碳酸盐岩地层一般无磁性,只有泥质成分增多时才略具磁性。下古生界寒武系、奥陶

系碳酸盐岩为非磁性岩石。上古生界砂岩、页岩磁性微弱。中生界侏罗系、白垩系地层一般为无磁性。

新生界新近系、古近系沙、泥岩磁性微弱,均值在 $(30 \sim 50) \times 10^{-5}$ SI 之间变化。第四系局部黄土磁化率可达 610×10^{-5} SI,其他如黏土磁性微弱,一般为 20×10^{-5} SI。

2) 侵入岩及火山岩类磁性特征

燕山期闪长岩磁性较强,花岗闪长岩磁性略低。燕山期花岗岩磁化率平均值为 750×10^{-5} SI,明显低于前两类岩石,在磁场上表现为强度不大的正异常。中生代火山岩类都具有较强的磁性,安山岩、玄武岩磁性偏大,一般为 $(1500 \sim 2000) \times 10^{-5}$ SI,最大可达 5000×10^{-5} SI。

2.2 岩石密度特征

下古生界碳酸盐岩与上伏新生界沙泥岩地层之间存在 0.3 g/cm^3 左右的密度差,是引起剩余布格异常的主要因素。

隐伏的中酸性侵入体与其围岩之间存在一定的密度差,可引起局部重力异常。区域变质程度较高的结晶基岩内部,由于岩性变化也可形成局部重力异常。

表 1 冀中拗陷岩矿石磁化率及密度统计

地层		主要岩性	密度 g/cm ³	磁化率/10 ⁻⁵ SI		
				极大值	极小值	平均值
新生界	第四系	黄土	1.95	610	55	
	新近系	砂岩、粉砂岩	2.38	200	5	50
	古近系	砂岩、泥岩		500	0	32
		沙三段辉绿岩		800	20	100
中生界	白垩系	火山碎屑岩	2.42	1300	300	654
				1500	100	400
	侏罗系	安山岩	2.66	5000	1500	400
古生界	石炭—二叠系	页岩、泥岩	2.61	50	0	13
	奥陶系	灰岩	2.71	0	0	0
中—新元古界	青白口系	景儿峪组页岩	2.72	20	5	14
	蓟县系	雾迷山组白云岩		0	0	0
	长城系	高于庄组玄武岩		50	0	40
		大红峪组粗面岩		200	10	48
		串岭沟组砂岩		50	25	41
		常州沟组细砂岩		20	10	13
太古宇		花岗岩片麻岩	2.61	2500	400	970
		角闪岩		8500	200	3170
		混合岩		4000	500	1815
		黑云母片麻岩		2000	150	520

2.3 地震反射层

根据地震剖面资料^[1],区内地震反射层主要有新近系底界不整合面(T₂)、东营组底界(T₃)、沙河街组一段底界面(T₄)、沙河街组三段内部(T₅)、沙河街组三段底界面(T₆)、沙河街组底界面(T_g)。沙河街组底界面(T_g)反映新生界的底界面,是利用重磁数据确定基地顶面埋深的重要参考依据。

3 航空磁场特征及推断解释

工作区磁场变化平缓,异常宽缓。在相对平静区域磁场上迭加有张市和雄县两处平缓升高的正磁异常,处于异常边部磁场梯度带梯度小,延伸长度有限;区内缺少反映剧烈火山活动的串珠状异常带等。据磁性资料分析,这一磁场面貌与本区磁性基底起伏密切相关。宽而缓的磁场面貌,反映了本区磁性基底起伏变化小,构造活动少,无深大断裂构造存在等特征。

容城东西两侧分别是对应着张市升高异常和沙河营串珠状升高异常带(图 2)。张市异常中荣 1 井在 706 m 见中新元古界地层,是重力异常反映的碳酸盐岩低凸起,磁性体深度约为 2.5 km,推断为与雄县磁性体相同性质的基岩凸起及岩浆岩共同引起;徐水—固城以东为升高背景场上的磁异常,是岩浆岩的反映,以西为相对平缓降低磁场,磁性体埋深 5 km,是前震旦系弱磁性基岩的反映。东江村异常是大厂—固安宽缓升高异常带的一部分,是中酸性岩

浆岩带的反映。

白沟镇—牛驼镇降低异常带表现为平缓降低特征,磁场最小值为-150 nT,呈北东向展布,计算磁性体埋深大于 9 km,综合推断认为本异常带是前震旦系弱磁性基底凹陷的反映;雄县升高异常带呈北东走向,极值点位于雄县,约 380 nT,深度计算表明,雄县处磁性体深度约 2 km,向北逐渐变深。综合钻井及物性资料推断,异常带是由磁性较强的中性或中酸性火成岩和火成变质岩系构成的基岩凸起引起。史各庄平缓降低异常带位于雄县以西,整体呈北东走向,最低值-95 nT,构造上与霸县凹陷吻合,基底深度大于 9 km,是弱磁性结晶基底凹陷带的反映。

高阳异常带相对升高 40 nT,水平梯度约 2~5 nT/km,宽度约 14 km,呈北东向展布,构造上属于高阳凸起,深度计算异常带北端浅于 5 km,磁性体向南逐渐倾伏,深度在 7 km 以上。综合推断认为该异常带是磁性强度不大的结晶基底缓起伏的反映。

本区布格重力异常以负值为主,在容城凸起与牛坨隆起区存在两个正值异常^[4]。结合本区重磁震研究成果,推断本区基底为隐伏的复背斜构造(图 4),背斜核心位于容城以及雄县正异常处,主要由蓟县系组成,两翼为古生界地层。古近纪起,容城以西、雄县以东所在的两翼位置发生大幅度拗陷,继而沉积较厚的新生界地层,而核部位置则相对稳定,地层未发生较大规模拗陷,新生界沉积较薄或未沉积。背斜两翼拗陷作用始于中生界末期,存在于古近纪和新近纪整个时期,具有明显的继承活动性质。

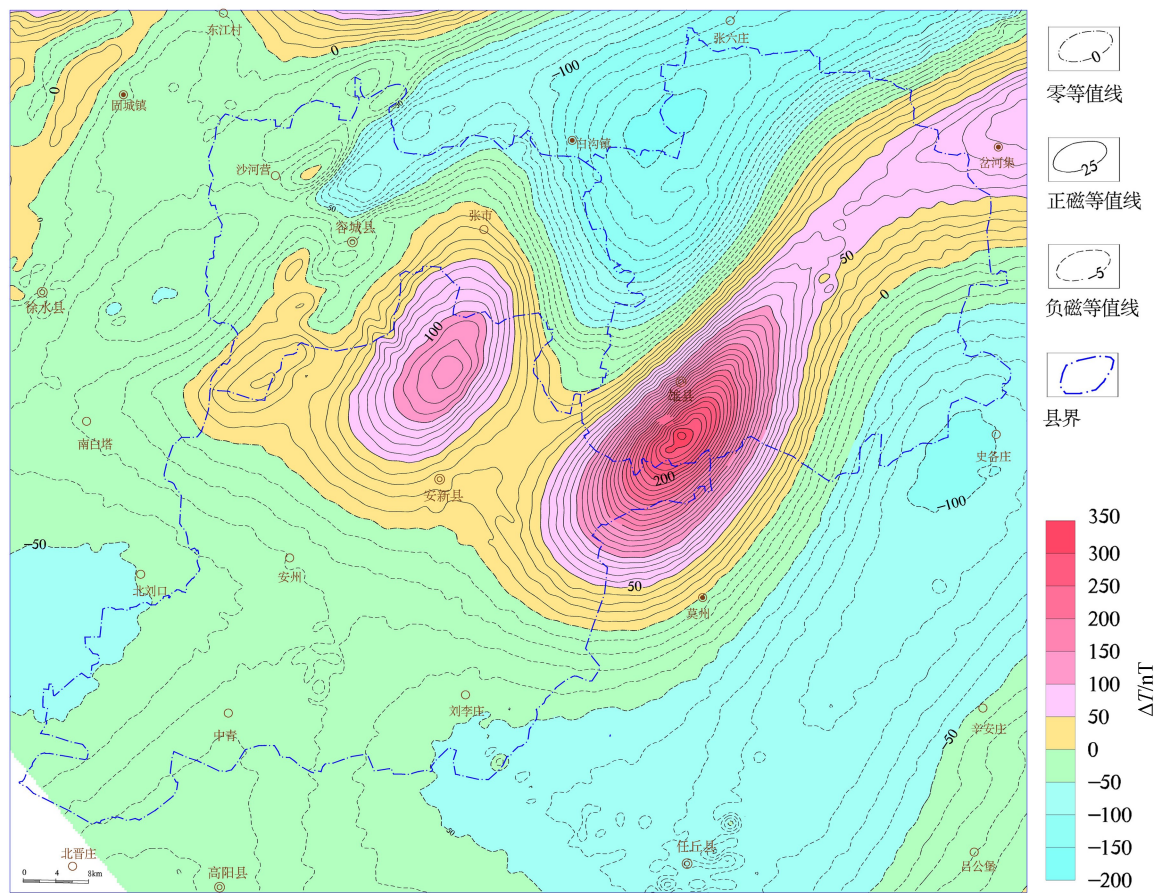


图 2 雄安新区实测航磁 ΔT 等值线平面

因此,本区基底结构横向变化小,垂向变化具良好的继承性,是新构造活动较少,地壳较为稳定地区。

4 基底构造分析

利用重磁场资料可以对覆盖区基底构造、岩浆岩及火山岩进行分析,研究基底起伏及覆盖层的厚度^[4-5],也可以通过对依据重磁资料确定的断裂构造特征的评价,规划城市建设^[6]、研究与地震的关系^[7]等。

在 1988 年高精度航磁测量区域内^[1],依据航磁区域场的分界线、线性异常梯度带、成线性延展的异常错动线等特征确定断裂的存在,参考化极、导数等处理图件,在区域构造研究基础上,划出断裂构造。根据磁异常计算出的磁性体埋深、推断出的基底岩相、依据地震和钻井资料确定的盖层沉积特征等资料,结合区域重磁场特征,划分了区域构造,编制了区域构造图。

4.1 断裂构造解释

工作区位于冀中坳陷三级构造单元内,内部分

布着众多的次级构造单元(四级构造单元)。区内断裂基本为三级构造单元内断裂,控制着四级及次级构造单元的边界,均未达到深大断裂规模。为叙述方便起见,按照断裂长度、作用及切割深度将断裂类型分为区域性和一般基底断裂两种(图 3)。

1) 区域性断裂

本类断裂磁场特征明显,断裂延伸较长,对局部构造起到控制作用,断穿的深度较大。区内此类型断裂共有 6 条,分别是牛西断裂(F_{15})、牛东断裂(F_{16})、文安—河间断裂(F_{22})、高阳断裂(F_{24})、琉璃河—德归断裂(F_{37})、安新—遂城断裂(F_{39})。 F_{15} 、 F_{16} 、 F_{39} 位于研究区中部较为重要,现分述如下。

牛东和牛西断裂分列雄县东西两侧,长约 70 km^[1],北东走向,本区只显示南端特征,约长 34 km。 ΔT 磁场特征为陡降梯级带,两断裂之间为侵入岩和磁性基岩凸起带。断裂北端被 F_{37} 错断,故形成时间应早于 F_{37} 。

安新—遂城断裂长 54 km,走向北西西,本区只显示西端特征,约长 22 km。磁场特征为平直梯度带及区域磁场分界线。断裂两侧磁场面貌截然不同,南侧为平缓微弱波动磁场区,北侧则为强度较大

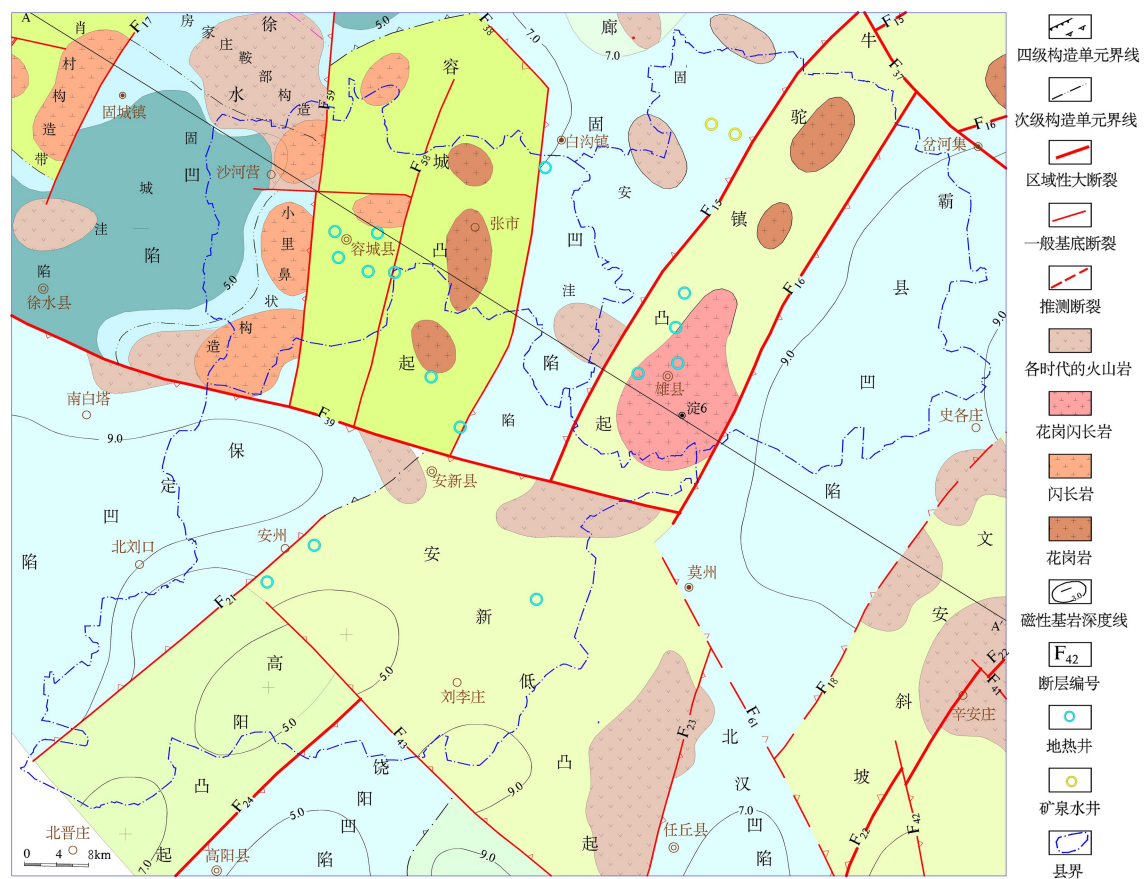


图3 雄安新区推断岩性构造

的条带状升降变化的磁场区;南侧基底岩相比较单一,北侧则有正负变质岩之分,并有较强的岩浆活动;古、新近纪凹陷构造模式为箕状断槽,但模式差别较大,北侧为西断东斜,南侧为东断西斜。

南阳断裂(F_{24})区内长 18 km,走向北东,磁场特征为平缓梯度带,据地震资料,该断裂向南可延至博野、安国附近。断裂西北侧基岩深度 7 km,东南侧基岩深度 9 km,基底由西向东倾伏,新生界地层由西向东增厚。

2)一般基底断裂
本类断裂磁场特征较为单一,断裂延伸较短,对局部构造起到明显控制作用。区内此类型断裂共有 11 条,分别是固城镇断裂(F_{17})、陵城断裂(F_{18})、安州断裂(F_{21})、石门桥断裂(F_{23})、涑水—十里铺断裂(F_{38})、长丰断裂(F_{41})、南留路断裂(F_{42})、百尺断裂(F_{43})、容城东断裂(F_{58})、容城西断裂(F_{59})、莫州断裂(F_{61})。这些断裂磁场特征多数为异常梯度带,长度一般为 30~50 km 左右,对基岩分布有一定的控制作用。其中莫州断裂(F_{61})呈北西走向,其北侧霸县基底深度大于 9 km,南侧北汉凹陷的基底深度约 7 km,可能是 F_{39} 断裂向东的延续。

特征、地貌特征、地震活动等有关^[8],本区属华北地台区中东部,地壳结构相对完整,无深大断裂且活动性较差,磁场变化平缓,地貌单一平坦,应为区域稳定区。

4.2 构造单元特征分析

本区位于冀中拗陷三级构造单元内,是古、新近纪沉积拗陷,从西向东分布着徐水凹陷、容城凸起、廊固凹陷、牛驼镇凸起、霸县凹陷、保定凹陷、高阳凸起、饶阳凹陷、安新低凸起、北汉凹陷、文安斜坡 11 个四级构造单元。各构造单元间基底埋藏深浅变化较大,最深处为 9 km,最浅处为容城西北等地区,仅为 1 km,总体呈现西北埋藏深度较浅,东部地区磁性体埋藏较深,中新界沉积也相对较厚(图 4)。

徐水凹陷内岩浆岩极为发育,基底被强烈改造。其中肖村构造带有 3 个局部高点,深度 1~2 km;固城镇洼陷是徐水凹陷的南侧沉积中心,基底深度大于 5 km,古、新近系厚约 3 km;保定凹陷基底由前震旦系变质岩组成,深度大于 9 km,古近系底界深度 8 km 左右;廊固凹陷所属的固安洼陷,基底由前震旦系负变质岩组成,深度 7 km 左右,但古、新近系底界面较浅,约为 3 km 左右;霸县凹陷基底深度大于 9 km,古近系底界深度为 6~8 km;北汉凹陷基底深度

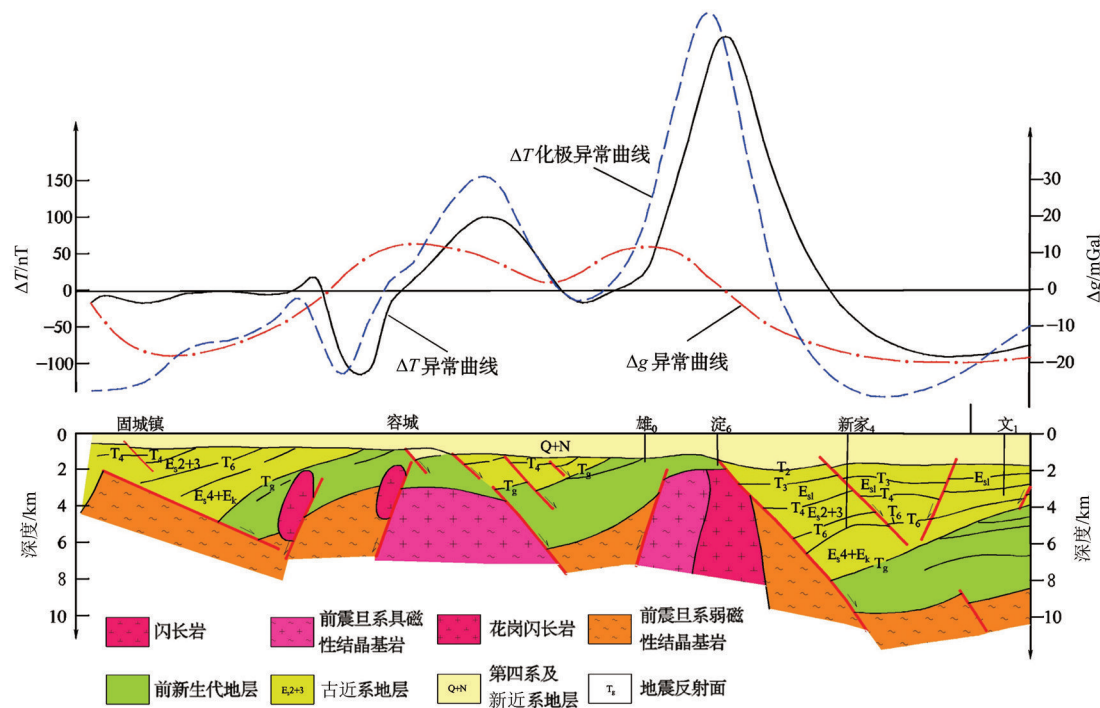


图 4 雄安新区 AA 综合解释剖面

大于 7 km,古近系底深可达 6 km(图 3)。

容城凸起基底深度 3 km 左右,呈东侧断升,西侧斜降的形态。荣 1 井揭示古、新近系及第四系厚度为 706 m。牛驼镇凸起由火山岩及前震旦系正变质岩组成,雄县至板家窝,呈北北东向,基岩深度 2~5 km,其上的淀 5 井在 2 008 m 处见中晚元古界。安新低凸起位于刘李庄、任丘一带,大致呈北西西走向。基岩深度西为 5 km,向东加深到 7 km。安新县城东南的淀 1 井于 3 152 m 见中晚元古界。

雄安新区地热资源丰富。地热水位于推断的基底凸起范围内,其中雄县凸起磁性体最小埋深 2 km,

容城凸起磁性体最小埋深 1 km。目前开采热水孔最大深度 1.2 km,仍有很大开采前景^[9]。

雄安新区内油气田属华北油田勘探区域,油气分布受古、新近系生油凹陷及生油层系控制,具典型的潜山油田特征^[10]。已知的 7 个油气田分布于雄县—高阳县一线以东区域。从南到北分别为任丘、雁翎、刘李庄、莫州、高家堡、岔河集、南孟油田。因此,在雄县—高阳县一线以西区域进行城市建设有利于减少压矿的可能性。

4.3 三维基底构造图绘制

在磁性体最小埋藏深度图及区域岩性构造图基

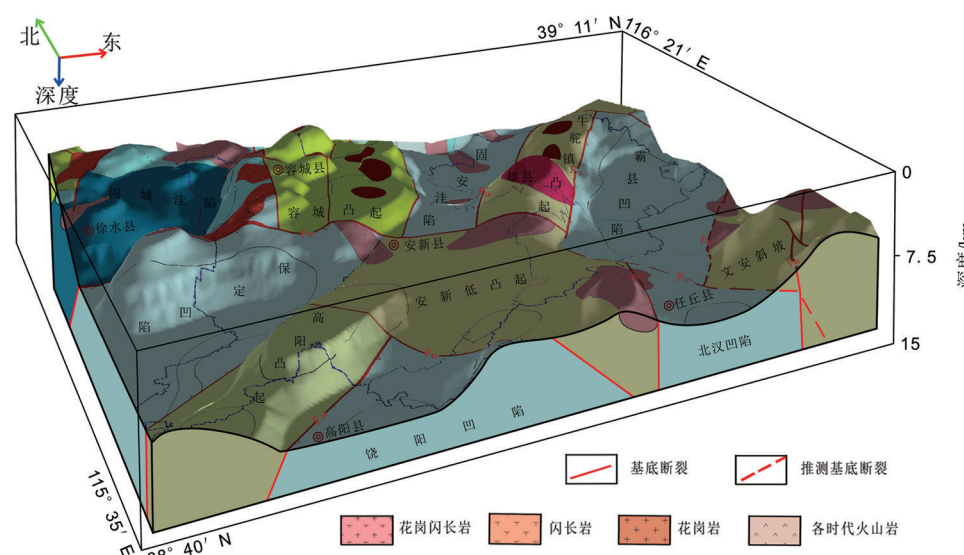


图 5 三维岩性构造图

础上,使用地理信息系统软件(MAPGIS)和SUR-PAC 三维建模软件,建立各构造单元模型,以三维立体方式显示,便于直观了解雄安新区基底构造特征(图5)。同时也为雄安新区沉积盖层和基底构造的研究提供了重要的基础。

5 结论

- 1)雄安新区虽地处平原厚覆盖区,但依据航空物探资料分析和解释结果所提供隐伏地质体岩性和构造信息结果表明,本区基底横向变化小,地层沉积继承性好,应为区域稳定区。
 - 2)三维基岩构造图对构造要素的表达具有立体性和直观性,所揭示的雄安新区基底起伏特征及断裂带位置可读性强,能够为各行业开展新区建设提供有益的参考。
 - 3)建议对本区开展大比例尺航空物探(磁、电、放)综合站测量,圈定地表和隐伏水体范围,开展环境评价;基于三维GIS平台,进行隐伏区三维立体填图工作,为新区开发提供准确的地质资料。
- 致谢:**稿件在撰写过程中,得到了刘浩军教授级高工、杨金中教授级高工以及冀中北部地区高精度航

磁及伽马能谱测量项目组的支持与帮助,在此表示感谢!

参考文献:

[1] 乔日新、范江、冯秀轩,等.冀中北部地区高精度航磁及伽马能谱测量成果报告[R].中国国土资源航空物探遥感中心,1988.

[2] 任振纪,于开宁,闫贵凡.河北省雄县牛驼镇地热田第四纪古土壤与古地理环境[J].地球学报,1999,20(2):201-206.

[3] 吴继龙.冀中拗陷构造发育史及构造地质特征[R].华北石油勘探开发研究院,1984.

[4] 张亚东,董杰,肖金平.河北省地质构造重力推断解释[J].物探与化探,2011,35(2):143-148.

[5] 熊盛青,丁燕云,李占奎.西藏羌塘盆地的重磁场特征及地质意义[J].石油地球物理勘探,2013,48(6):999-1008.

[6] 李世斌,马为,徐新学,等.天津市地球物理场特征及基底构造研究[J].物探与化探,2015,39(5):937-943.

[7] 闫亚芬,滕吉文,阮小敏,等.龙门山和相邻地域航磁场特征与汶川大地震[J].地球物理学报,2016,59(1):197-214.

[8] 王卫平.辽宁西部地区地壳结构及其稳定性的初步研究[J].物探与化探,1997,21(5):354-362.

[9] 李卫卫,饶松,唐晓音,等.河北雄县地热田钻井地温测量及地温场特征[J].地质科学,2014,49(3):850-863.

[10] 曲江秀,高长海,查明.冀中拗陷新生界底部不整合带结构及其油气地质意义[J].石油地质与工程,2013,27(3):1-4.

The basement tectonic characteristics from interpretation of aeromagnetic data in Xiong'an region

YU Chang-Chun, QIAO Ri-Xin, ZHANG Di-Shuo

(China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, China)

Abstract: Xiong'an region is located in the plain thick coverage area, before Cenozoic lithology basement structure and tectonics is important basis of urban planning and development. In the paper, based on the aeromagnetic survey and airborne gamma-ray spectrometry survey results around the Xiong'an region and the surrounding in 1988, we rearranged the rock ore property, magnetic field and deduce the lithology structure map etc, analyzed the basement tectonics and the characteristics of oil and gas prospect area, and then presented the 3D lithologic structural diagram. It's state that the area of the deep crust structure is relatively stable.

Key words: Xiong'an region; aeromagnetic survey; basement; structure; planning

(本文编辑:叶佩)