维普资讯 http://www.cqvip.com

哈尔滨—尚志MT阵列剖面研究

许建荣[1],朱春生[1],杨 生[2]
(1.江苏省有色金属华东地质勘查局八一四队,镇江 212005;
2.有色金属矿产地质调查中心北京中色物探有限公司,北京 100073)

[摘 要]根据哈尔滨-尚志连续电磁剖面测深结果,研究了松辽盆地东缘盆山结合部的地质结构特征,尤其是对深层的地质结构取得了重要的认识。盆山结合部划分出3个基本单元:松辽盆地、滨东隆起区和张广才岭隆起区。盆地一侧的盖层具有双重结构。盆地具双重基底,即浅变质岩的褶皱基底与侵入岩的结晶基底。莫霍面在盆地一侧隆起,向张广才岭变深,隆起幅度4km。断裂主要为岩石圈与壳断裂,对构造单元起控制作用。

[关键词]连续电磁测深 哈尔滨—尚志 深层地质结构
[中图分类号]P631.3 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2004)04-0064-06

0 引言

哈尔滨—尚志大剖面连续电磁测深(电磁阵列剖面法:EMAP)的主要目的是了解松辽盆地结晶基底及盖层的电性层分布、厚度及埋深;了解各岩层之间的相互关系,对区内岩层进行横向分带;探明控制盆地的断层分布、了解构造特征,查明盆地北部边界内各层位的空间接触关系。

剖面西起哈尔滨西南薛家屯,经五常、阿城,终止于东南一面坡,全长164km,共布设了820个EMAP测深点(图1),本文将根据EMAP勘探结果,对剖面电性结构特征等有关问题进行研究。

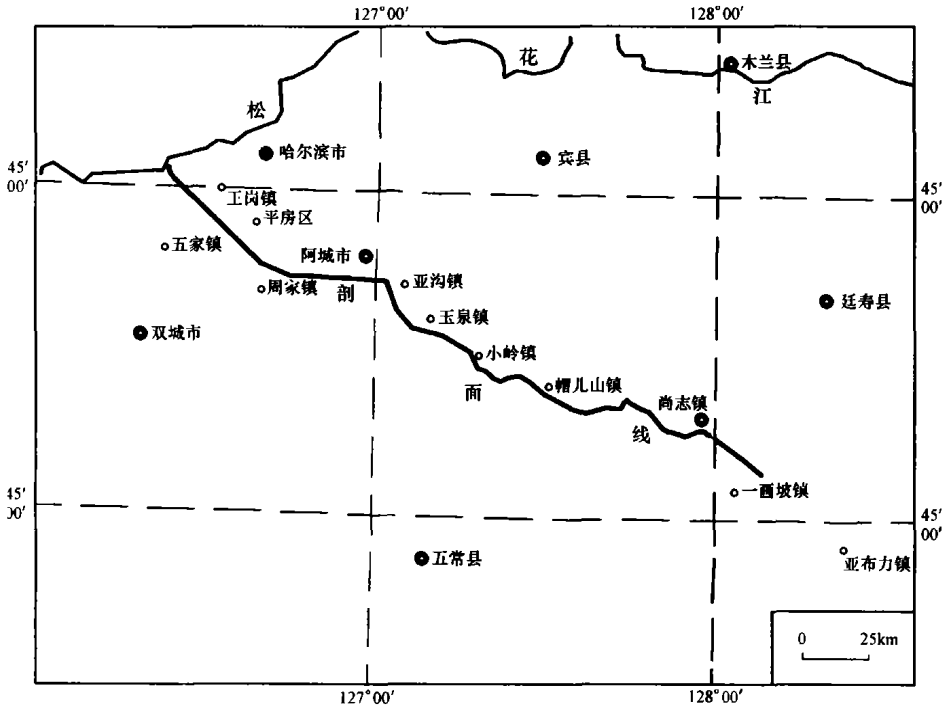

图1 哈尔滨—尚志剖面测线位置图

[收稿日期]2003-12-30;[修订日期]2004-03-19;[责任编辑]余大良。
[第一作者简介]许建荣(1963年-),男,1983年毕业于中南大学,获学士学位,高级工程师,现主要从事地质管理工作。

维普资讯 http://www.cqvip.com

1　剖面地质及地球物理概况

1.1　地质概况

剖面西段位于松辽盆地,深层构造上属松辽裂谷东北断陷带,东段为小兴安岭南延余脉,小岭一带为岩浆岩褶皱带。

松辽盆地范围内地形平坦,发育有白垩系、侏罗系地层,由东向西基岩埋深增大,基底主要为古生界浅变质岩,局部有花岗岩侵入。山前褶皱带为华力西晚期等多期岩浆岩铸成的构造褶皱带,形成周边老山。以花岗岩类侵入为主,嵌有大小不等的古生界浅变质残块。

测线上断层出露较少,盆地内断层为陡倾角正断层,属张力系统产物。东端依舒地堑,两侧断层属正向断层,并有剪切性质。中段老地层捕虏体的断层一般为岩浆岩所充填,断层特征已不明显。

1.2　地球物理特征

物性特征及物性差异是地球物理勘探及资料解释的基础,我们采用了下述几种方法力求把握沿剖面的电性特征。

1) 在EMAP勘探的同时,在测线附近进行了岩石电阻率测定,测定方法有露头对称四极法和标本采集测定法。

2) 利用EMAP测深曲线的电阻率首支部分对照地面岩层进行了分层电阻率统计。

3) 收集了以往测线邻近地区的相关电性资料,包括大地电磁测深成果、露头电阻率、首支电阻率、测井资料和反演电阻率。

由上述测定及统计方法获得的岩层电性见表1。由表可见,同一地层的电性由于观测方法不同,以及环境、条件的变化含有差异,但各地层相互之间仍有相对关系。据此,电性层划分:

1) 沉积岩层:电阻率较低、下第三系、白垩系上盖层最低;登类库组处于中低阻状态,对此可划分两个电阻层段:

上段:白垩系、新生界沉积岩低阻、中低阻层。

下段:侏罗系火山岩中高阻层。

2) 变质岩基底:电阻率高低均有,也可划分为两个电阻率层段:

上段:古生界浅变质岩为中高阻层,其中夹板岩类低阻层。下段:元古宙变质岩为中低阻地层。

3) 花岗岩基底电阻率属中高阻、高阻体。

以上划分反映浅部岩石电阻率的相对变化,在EMAP资料解释时主要以此为依据,但由于深部的地质环境又不同于浅层,故对深部资料分析时需按岩石电阻率的相对变化特征,结合相应的地质环境,作出判断解释。

表1　岩层电性特征表

层位	电阻率/Ω·m 露头标本曲线首枝	电阻率/Ω·m 测井与井旁反演		电性分层(岩性)
Q		8	沉积盖层	新生界白垩系中低阻层(泥岩、粉砂岩、砂砾岩)
E	77	6		
K_1n-q	23	9		
K_1d		60		
J_{2+3}	871	156		侏罗系中高阻层(中酸性火山岩)
P_2w	907		变质基底	古生界中高阻层(夹低阻层)(石墨板岩、泥板岩、千枚岩、灰岩、凝灰岩、中酸性火山岩、玄武岩)
P_1tm (a)	32	31		
P_1tm (b)	1600	110		
C_3	670			
D	1000	70		
Pt_3	226			元古界中低阻层(板岩、千枚岩、变粒岩)
γ_5^2	1240	110	结晶岩	花岗岩中高、高阻体
γ_4^3	1803			

2　野外工作方法

野外资料的采集使用加拿大凤凰公司最新推出的V5-2000系统,其工作频率范围为0.0005Hz-320Hz。该系统采用地球同步卫星提供时钟服务,同步时间精度可达到10^{-13}s,确保电场信号与磁场信号同步采集,而无需同步电缆。新的V5-2000系统采用双重滤波、24位A-D转换,确保了中低频段的数据质量,并能记录原始的时间序列。便于对原始时间序列进行选择和再处理,以提高数据的质量。

野外布设点距为200m,5个点为一个排列。Ex和Hx测线布设,测量Ex的MN电极首尾相连,Ey和Hy垂直测线方向布设,每个排列中只需一个测点的电场为"十"字型布极,并布设一个磁信号采集站,见图2。每个排列平均观测时间大于7h,在干扰严重地区观测时间大于12h。

在所观测的820个坐标点中,Ⅰ级品710个占86.5%,Ⅱ级品率110个占13.5%,检查点相对离差小于5%。数据质量可靠。

3　资料的处理解释

原始资料的预处理是EMAP资料处理解释中的基本工作,其任务是获得可靠的阻抗要素,视电阻率、相位和其他参数资料,以保证后续的定性分析、

维普资讯 http://www.cqvip.com

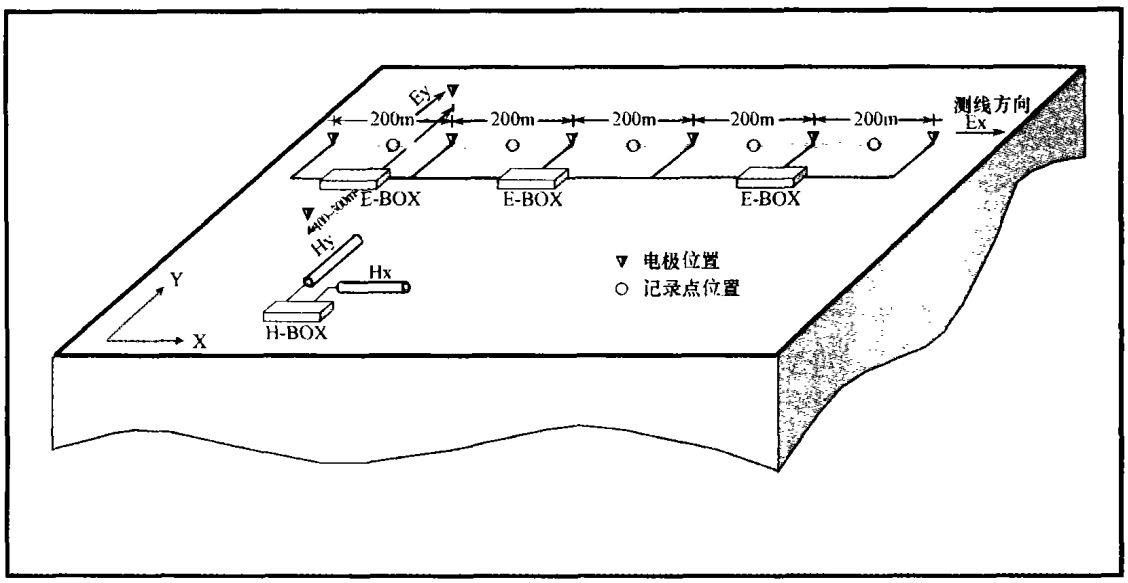

图 2 排列布置示意图

定量解释建立在正确的资料基础之上进行。

预处理工作中比较重要的是去噪处理和静态校正。本次工作各测点均采用了 Robust 处理[1]。同时对于部分测点的高频畸变和飞点,借助了相位资料进行恢复[2]。静态校正采用阻抗张量分解技术[3],对阻抗要素实施校正。从而不仅保证了视电阻率曲线不受静态畸变影响,也保证了由其计算出的其他响应参数的正确性。

定性分析主要对实测曲线类型、总纵向电导以及视电阻率—频率断面和相位频率断面进行分析,定性地把握测线的电性特征、基底隆凹变化、构造单元区分、断层分布及地层变化情况。

定量解释采用了 Bostick 反演、一维反演和二维反演方法。Bostick 反演虽然是一种近似反演方法,但其反演结果是惟一的,忠实于原始资料,没有人为因素,对成果的分析和解释具有一定的指导价值。一、二维反演分析分别采用连续介质反演和层状介质反演。多种方法的反演结果相互佐证,以求推断解释资料的充分性。

4 成果地质解释

综观整个剖面的电性特征,(图 3)横向上明显分为 3 个区段,剖面西段 1 - 276 号测点,电性主体呈低电性特征,横向成带分布较好,对应于松辽盆地。中段从 276 号测点开始到 714 号测点电阻率普遍较高,为滨东隆起区小岭隆起带。东段从 714 号测点向东到测线尾端,为张广才岭隆起区一面坡隆起带。三段不论是电阻率值还是曲线形态都有较大的区别。

4.1 浅层地质结构

A、松辽盆地:

EMAP 实测曲线形态主要为 HK 型。H 段的极小值频率由西至东逐渐向高频段变化,直至 H 段消失,退化为 K 型曲线。在视电阻率—频率断面中,电性的横向变化趋势尤为清晰,呈一条状由西至东向上抬升,直至盆地边界。

EMAP 电性断面上浅层低阻段对应于盆地盖层分布,经二维反演,几个代表性测点位置上各层的深度和电阻率见表 2。

表 2 二维反演盖层埋深及电阻率表

地层	盖层底界面深度/m				电阻率/Ω·m			
	14 号点	67 号点	124 号点	200 号点	14 号点	67 号点	124 号点	200 号点
K_1n-q	2100	1600	1300	80	8.1	7.9	11.7	27.7
K_1d	2700	1900	1800	1350	8.4	8.3	15.3	31.9
J	5800	2400	3700	1900	52.5	13.8	79.7	60.1

由各层的电阻率可推测地层岩性:

嫩江组至泉头组地层以泥岩为主(低电性),夹砂岩、油页岩,由 200 号测点向 14 号测点,即由山边向盆地内,电阻率由高变低,说明岩性组合由粗粒变为细粒。

登娄库组地层也以泥岩为主,夹砂岩,岩性较 K1n - q 稍粗,同样由山边向盆地内,岩性组合由粗变细。

侏罗系地层应为砂泥岩组合,以粗粒为主。67 号点电阻率低于邻点,可能泥岩、凝灰岩类较多,或者地下水十分丰富。

由上述资料可见,盖层总体由盆山分界点开始,

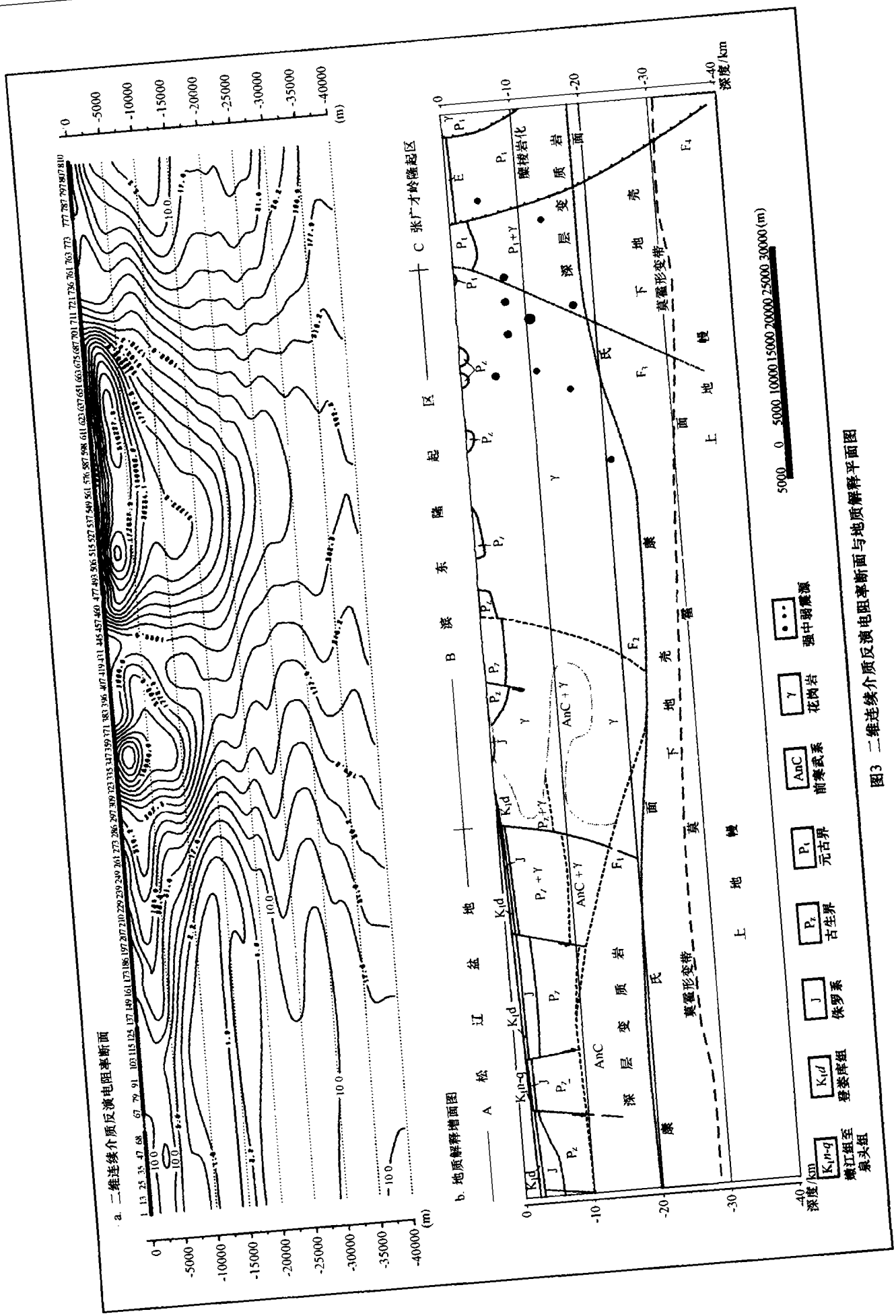

图3 二维连续介质反演电阻率断面与地质解释平面图

维普资讯 http://www.cqvip.com

向西呈缓倾斜的斜坡状覆盖于基岩之上。但盖层中的深浅两套分属断陷、坳陷两种构造型式。

断陷构造:侏罗系与登娄库组底面深度高低不一。由盆地经200号点、124号点深度加大,67号点变浅抬起,14号点又变深,说明67号点一带为凸起构造。名平房凸起,其东为断阶,其西为断凹,其间为正断层分割,反映了侏罗系与登娄库组的断陷特征。65号点以东名双城断阶,以西名呼兰断凹。

在视电阻率-频率断面中及反演解释电性断面上,7号点、65号点、95号点、193号点和276号点等值线发生突变,为断层的反映。所对应的断层依次为薛家屯断裂、哈尔滨木兰断裂、平房断裂、哈尔滨杨树断裂和海伦阿城断裂,其中哈尔滨木兰断裂和海伦阿城断裂是两个比较重要的断裂,推测两者均为壳断裂。

海伦阿城断裂在剖面上断距不大,约400m左右。深部基岩电性表现两侧异性,纵观松辽盆地东侧。重力勘探成果,由海伦至阿城呈一明显的南北向梯度带,反映了松辽盆地主体的东缘边界断裂。该断层东西两侧盆地规模与深度迥异,经深层分析应属地壳断裂。

哈尔滨木兰断裂近东西断裂,为东部东兴巴彦一带勺状凹陷与玉泉尚志一带舌状隆起之间的分界断裂,经西延向盆地的部分。深部基岩电性也表现为两侧异性,重力异常也有明显反映。

坳陷构造:泉头组至嫩江组地层由西向东超覆沉积于断陷构造地层之上,在盆地边缘超覆于基岩之上。剖面西端厚2000m,向东逐渐变薄,到307号点尖灭。地层倾角20左右,为盆地坳陷期产物。

B、滨东隆起区:

位于松辽盆地东侧的山地,该区内曲线类型主要为K型,极大值频率由西至东逐渐向上偏移,反映了花岗岩基岩的洼地上零散分布有侏罗系火山岩盖层。剖面通过的侏罗系地层较少,仅在保安屯(326-364点),矿山屯至胡家围子(407-418点、426-441点)出露宁远村组(J_3n)与太安屯组(J_2tn)中酸性火山岩,二维反演厚约400m左右,电阻率700Ωm以上,与统计的首支电阻率接近。在反演结果中391号点和442号点附近等值线断变,为玉泉断裂和宾县五常断裂的位置所在。而442号点的宾县五常断裂左右较长距离内的测点曲线型态发生变异,故推测该断裂伸深很大,并将小岭隆起带左右分为玉泉山隆起和帽儿山隆起两个次级构造单元。

C、张广才岭隆起区:

714号测点以东曲线型态发生变化,视电阻率高阻区块消失,为张广才岭隆起区。测线范围内仅有依舒地堑内的下第三系丁山村组($E_{2+3}d$)粗碎屑岩地层。该处地堑较浅,第三系向东逐渐消失,据二维反演结果厚度小于650m,电阻率达192Ωm。同样的地层,比盆地内测得的电阻率大得多,说明该处岩性中深部为粗砂砾岩,浅部首支电阻率76.95Ω·m,可知为砂泥岩分布。

4.2 深层地壳结构

深层结构指古生界以下上地幔以上的结构,包括莫霍面、康氏面、古生界与深层变质岩之间界面、花岗岩分布以及有关深断裂。

深层结构的岩石中,古生界测有少量物性参数,元古界更少,下地壳与上地幔没有实测数据,即使地表和钻井中测有电阻率等参数,但在深部不同的地质、理化环境中参数可能有很大的变化。深部各层没有可标定的电阻率特征数据。因此在EMAP电性断面上分层,采用以下电性标志:①参考使用已有的电性参数;②宏观电阻率的梯度变化带,即划分电阻率差异大的各个块体;③高阻体内的相对低阻异常的出现;④高导异常的出现。地壳结构层的变化,必将影响电性结构发生变化,故沿电性异常追踪是本次划层的主要方法。

莫霍面:在莫霍面处往往存在一定厚度的莫霍过渡带、莫霍形变带,具有低波速、高导异常出现在二维反演断面上。深度处于30km上下,出现一系高导异常,电阻率<10Ω·m。下地幔拱起是造成松辽盆地断陷的根源,也是盆地东部重力区域场上隆的原因。

康氏面:滨东隆起部下坳,松辽盆地部位与张广才岭隆起区上翘呈"向斜"状凹陷。可见其下坳段高阻花岗岩厚大,低密度高磁性,影响了该地区重磁场面貌。

主要断裂:

F_1:海伦阿城断裂,为盆地东缘边界断层,两侧电性相异属壳断裂。

F_2:宾县五常断裂两侧岩体与电性有别,属壳断裂。

F_3:重力尚志断裂,地震发育,两侧电性结构变化很大,为原型盆地的东缘边界,属岩石圈断裂。

F_4:依兰舒兰断裂,区域性右旋走滑断裂,电性偏低,超基性岩入侵,为岩石圈断裂。

5 结语

哈尔滨-尚志连续电磁测深剖面的研究,取得

维普资讯 http://www.cqvip.com

了松辽盆地东缘盆山结合部的地质结构重要的认识,尤其是深层地质结构的认识,主要有:

1)划分了盆山结合部3个基本单元:松辽盆地、滨东隆起区、张广才岭隆起区。

2)盆地一侧的盖层特征:盖层具双重结构,侏罗系与白垩系登娄库组层断陷型,泉头组至嫩江组属坳陷型。

3)基底结构:盆地具双重基底,即浅变质岩的褶皱基底与侵入岩的结晶基底。

4)深层结构:莫霍面在盆地一侧隆起,隆起幅度4km,向张广才岭变深。

5)主要断裂为岩石圈与壳断裂,对构造单元起控制作用。

以连续电磁测深的方法,揭示地下数十公里的电性结构,对研究盆岭的形成与发展以及盆地性质具有明显的成效。

[参考文献]

[1] Sutarno D, Vozoff K. Robust M-estimation of Magnetotelluric impedance tensors [J], Expl. Geophys., 1989,20:383-398.

[2] 杨 生,鲍光淑,张少云. MT法中利用阻抗相位资料对畸变视电阻率曲线的校正[J]. 地质与勘探,2001,37(6):42-45.

[3] Groom R W, Bailay R C. Decomposition of magnetotelluric impedance tensors in the present of local 3-D galvanic distortion[J], J. Geophys. Res., 1989,94:1913-1925.

[4] 孙卫斌,宋群会,郑 莉,等. 大地电磁测深技术发展及在油气勘探的应用[J]. 地质与勘探,2003,增刊.

THE STUDY ON MT ARRAY PROFILING IN THE HAERBIN-SHANGZHI AREA

XU Jian-rong[1], ZHU Chun-sheng[1], YANG Sheng[2]

(1. *Team 814, Eastern China Bureau of Non-ferrous Metal Geological Exploration, Zhenjiang* 212005; 2. *Beijing Zhongse Geophysical Exploration Ltd., Geological Investigation Center for Non-ferrous Metal Mineral Resources, Beijing* 100073)

Abstract: Based on the exploration results of MT array profiling in the Haerbin-Shangzhi area, we have studied the geological structure of eastern edge of combination of basin and mountain in the Songliao basin, and got important knowledge of the geological structure in deep layer. The combination of basin and mountain contain 3 basic blocks like Songliao basin, Bindong bulge region and Zhangguangchailing protuberant. The cover layer on one side of basin has double structure. Basin has double base like folding base of weak metamorphic rocks and crystal base of intruding rocks. Moho surface bulged at one side of the basin, went deeply to Zhangguangchailing with 4.1 km bulged range. Fractures are mainly lithosphere faults and crust faults, which controlled the structural blocks.

Key words: EMAP, Harbin-Shangzhi, deep geology structure

注册岩土工程师执业资格考试复习图书现状及走向

由于注册岩土工程师考试是"大岩土"概念,牵涉的专业和行业宽广,各种规程规范并不完全一致,考试的的内容十分"庞大、繁杂、琐碎",要想在短时间内系统地、完整地学习、消化、吸收存在相当大的难度,许多考生感到费力,难于抓住重点,复习效果不理想。从历年考试的情况来看,考试的难度也在逐年加大,通过率2003年低于2002年2个百分点。对于考生来说,要想在短时期内复习能达到事半功倍效果,一方面要刻苦、复习方法得当,另一方面选择的复习资料和培训班(辅导老师)要对路,因此,正确的选择考试用书以及参加适合自身需求的培训班显得尤为重要。到目前为止,各类出版社出版的注册岩土工程师考试参考用书达31种,出版社达7家之多,各类书的内容选择、侧重点以及方法上有很大的不同,有的以模拟考试试卷的方式,有的全面开花、面面俱到,有的突出主题、集中难点,还有的以辅助参考书的形式,总之各有千秋。使读者眼花缭乱,不知如何选择,从销售的情况看,大多数出版社的参考书在第一年销量超过万册,而第二年就下降到3000多册,出现库存积压。

目前,各家出版社在出版这类注册考试图书时急需选择好作者,出精品。譬如注册结构工程师考试用书虽然也多达十几种,但由建工出版社出版施岚清编写的《一、二级注册结构工程师专业考试应试指南》每年销量都在万册以上,成了"品牌"图书,成了每位考生必备的考试用书。

在众多出版社中,建工出版社出版注册岩土图书着手最早,他们在了解到要推行这项注册制度后就组织专门人力、物力、财力酝酿和组织编写的准备工作,政策一推出,马上请参编人员(多为业内年轻技术专家)解读考试大纲,于考试前2个月推出全套复习资料,这套图书紧扣大纲要求,注重基本理论和基本概念的理解,强化《规范》的理解与应用,加强了基本功的训练,内容全面,针对性强,书一推出很快脱销,2003年又根据命题规律进行了认真修订,做到了有的放矢,是一套较好的复习资料。一套5本复习资料比较全面,销售也比较好,约占市场份额的65%以上。另外清华大学出版的《注册土木工程师(岩土)执业资格专业考试模考练习》一书也具有较高的参考价值。《岩土工程界》杂志社做事扎实、认真、负责,2003年经过充分准备,选择了教学经验丰富,熟悉考试规则、试题模式的老师(有的参加并通过了2002年考试)授课,举办了为期8天的一期短训班,考生通过率达30%以上。考生反映不错,以上所言仅供参考。 (咸大庆)