

文章编号:1004-4116(2023)01-0001-09

武威盆地西缘覆盖区构造特征的 地球物理证据

姚荣辉,张 波

(甘肃省地矿局第二地勘院,甘肃 兰州 730020)

摘要:武威盆地是河西走廊主要的含油气盆地,也是古生界页岩气勘探的热点区域。由于武威盆地为第四系所覆盖,盆地的结构和构造存在争议。为研究武威盆地西部的地质结构和构造特征,利用二维地震和已有的1:5万航磁、1:20万重力、钻孔,采用钻孔约束下的重磁震联合反演,对武威盆地西部的结构和构造进行了厘定。研究表明:武威盆地西部的基底岩性复杂,寒武系变质岩、加里东期中酸性岩浆岩交互分布,岩性变化大;盖层以第四系、新近系为主,第四系厚度多在200 m以上;武威盆地西缘可分为古生代—中生代、新近纪、第四系等三个构造活动阶段,古生代—中生代经历了早寒武世NE—SW向伸展变形、侏罗纪末—白垩纪初NE—SW地壳缩短变形、早白垩世NE—SW伸展变形等三个阶段的构造变形,在新近纪晚期经历了伸展断陷过程,在第四纪经历了快速堆积过程;新近系和寒武系之间的区域不整合界面表明,至少在晚中新世(11.2 Ma)之前,武威盆地西部仍处于准平原化阶段,对晚中新世之前的沉积进行了剥蚀、夷平,造成了武威盆地西部地层分布的不连续;中新世之前,武威盆地西部和祁连山是连为一体的,即武威盆地在发生相对沉降之前是青藏高原的一部分。

关键词:武威盆地;二维地震;覆盖区;隐伏构造;地球物理;甘肃

中图分类号:P631

文献标志码:A

武威盆地位于河西走廊东端,是丝绸之路的东大门。大地构造上,武威盆地处于青藏高原东北缘,是青藏高原向外扩展的前缘地带,为北部的阿拉善地块、南部的祁连山构造带和东部的鄂尔多斯地块所围限^[1-2]。武威盆地近东西向展布,东西长约300 km,南北宽25~100 km,面积约为2.75万km²,向西通过大黄山隆起与河西走廊民乐盆地相望,北接巴彦浩特盆地和潮水盆地,向东直至鄂尔多斯盆地西缘褶皱带^[2-3](图1)。武威盆地是河西走廊石炭系发育和保存较好的盆地之一,具有良好的油气地质条件^[3-8]。但特殊的构造位置、构造动力学环境及多种不同的构造体系的叠加联合,致使武威盆地构造变形极为强烈,并且受限于盆地地表较厚的第四系,对武威盆地覆盖区地质结构与构造的认识大多来源于周缘基岩出露区的推断,缺少地球物理、钻孔依据,严重制约了青藏高原东北缘前缘扩张的地质研究以及武威地区的能

源资源开发。

目前,中国石油、中国地调局等在武威盆地中东部开展了大量的地球物理、地质调查工作,划分了武威盆地构造单元,提出了盆地的构造格架,并且钻孔发现了较好的油气显示,进一步展示了武威盆地较好的油气勘探前景^[6-9]。但由于缺乏精细的地质调查工作,导致武威盆地西部的地质结构与构造认识缺乏^[9]。笔者基于中国地调局“武威—固原地貌边界带基础地质调查”项目,通过2019年在武威盆地西缘采集的二维地震剖面资料,并收集1:20万区域重力、1:5万航磁及钻孔资料,开展重、磁、震综合地球物理研究,详细研究了武威盆地西缘基底、盖层分布特征,并依据钻孔资料对武威地区盖层厚度进行了分析,对盆地的结构与构造提出了新的认识,为青藏高原东北缘的基础地质研究、资源能源勘查提供地球物理依据。

收稿日期:2022-08-02

基金项目:中国地质调查局项目“武威—固原地貌边界带基础地质调查项目”(DD20190018)

作者简介:姚荣辉(1978~),男,甘肃秦安人,物探工程师,主要从事地球物理生产工作。Email:yrh199@163.com

1 地质概况及岩石物性特征

1.1 地质概况

武威盆地是青藏高原演化的最前锋,南为祁连褶皱带,北为阿拉善地块,东为鄂尔多斯地块,是三大构造单元的接合处,构造形迹极为复杂且不完整,不同方向、不同性质,不同规模和不同时期的构造形迹广泛发育,其中断裂结构的力学性质普遍具多次活动的特点,反映了长期活动的区域构造背景^[1-3]。

研究区基本为第四系覆盖,仅在南部、北部山区出露寒武系、石炭一二叠系、侏罗系、白垩系以及新近系(图1)。寒武系中一下统大黄山组($\in_{1-2} d$)为一套巨厚层的浅变质的浅海相类复理石建造,主要由浅灰、灰色板岩,灰色、浅灰色变质石英砂岩,灰色、深灰色石英杂砂岩组成,出露于研究区西南部、武威市以西的莲花山一带。石炭系中下统(C_{1-2})为灰岩、页岩、砂岩夹砂砾岩;石炭系上统太原组(C_{3t})为页岩、碳质页岩、砂岩夹灰岩及煤层,属内陆相碎屑岩建造。二叠系红泉组($P_{2-3} h$)主要出露于研究区西部,以灰绿色、紫红色厚层粗砂岩、薄层—中层状细砂岩为主。侏罗纪地层主要分布祁连山北缘,出露下侏罗统龙凤山组($J_1 l$)、中侏罗统新河组($J_2 x$)和晚侏罗统享堂组($J_2 x$),由砾岩、砂砾岩、粗砂岩、页岩组成,含煤层,属内陆淡水沼泽相,与上覆、下伏地层均呈明显不整合接触。白垩系下统河口群($K_1 hk$)岩性为砂岩夹砾岩、页岩,属内陆湖盆相的碎屑岩堆积。新近系在研究区主要为甘肃群(NG),分为丰乐组($N_1 f$)和果园组($N_{1-2} gy$)两个岩组^[10]。中新统丰乐组以砖红色粉砂质泥岩、粉砂质泥岩为主,与上覆果园组平行整合接触。中新统一上新统果园组为土黄色砂岩夹泥岩。

侵入岩多为加里东期中酸性岩,以花岗岩、斜长花岗岩为主。

1.2 岩石物性特征

1.2.1 岩石密度特征

研究区及其周缘物性资料显示(表1),沉积岩密度在 $1.22 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \sim 2.79 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 之间,平均密度为 $2.30 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,属低密度区;变质岩密度在 $2.52 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \sim 3.13 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 之间,平均密度 $2.68 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$;侵入岩密度在 $2.45 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \sim 2.71 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 之间,平均 $2.61 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,变化不大。总体上看,武威盆地西缘覆盖区主要分布第四系、新近系,基底为变质岩和中酸性侵入岩,主要有两个密度界面:第四系砂砾石及粗砂岩、砾岩密度变化大,与下伏新近系之间存在 $0.31 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 密度差,构成了研究区的主密度界面;新近系与下伏变质岩地层或中酸性岩体之间存在最大 $0.51 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 的密度差,构成研究区第二密度界面。

1.2.2 岩石磁性特征

武威盆地的主要磁性层有:(1)加里东后期中酸性侵入岩,分布范围最广,磁场强度最高,一般可以形成大范围的磁异常,常常呈叠加磁异常出现,磁化率一般 $20 \times 10^{-5} \sim 5000 \times 10^{-5} \text{ SI}$ 。(2)早古生代地层中的部分浅变质碎屑岩具有弱磁性,如中一下寒武统大黄山组变质长石石英砂岩磁化率 $210 \times 10^{-5} \text{ SI}$ 。(3)沉积地层多为碎屑岩、碳酸盐岩建造,均为无磁—弱磁性,引起不了磁异常,对应于平静场或不明显磁异常场。故上述两个磁性层构成了本区主要磁性界面。

2 重磁场特征及基底属性分析

研究区自古生代以来,遭受多次复杂的构造运动,不同构造体系互相叠加、复合、改造利用,使之形成错综复杂的地球物理场貌。

2.1 重力场特征及地质意义

重力场主要反映地层、大地构造及岩体的变化。依据河西堡幅1:20万区域重力测量成果,武威盆地西缘区域重力场总体呈NW走向的弧形重力梯度带(图2a),总体趋势是由NE—SW逐渐减弱,异常值变化达 $106 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,充分反映了武威盆地祁连褶皱带向阿拉善地台急剧过渡的地壳构造形态。大致以北部NW—近EW向的李家下庄—朱王堡北—蔡旗重力密集线为界,两侧布格重力场貌存在明显差异:北东部等值线场值较高,而南西侧等值线场值较低,推断有一深大断裂存在,并且是两级构造单元分界线的显示。武威盆地剩余重力异常随构造有明显的扭曲之势(图2b)。宏观上,剩余重力异常以NW向为主,由SW—NE方向以隆凹相间的构造格局分布,但是各异常带又被NNE甚至是近SN走向的异常分割,显示了区内活动强烈、内部结构复杂的特点。

地球物理和钻孔资料表明,武威盆地西缘以新

生界盖层为主,剩余重力异常主要反映了新生代沉积盖层的分布特征。综合研究表明,盆地北部水源镇—朱王堡镇一带形成NE向的沉降中心,第四系、新近系等新生界厚度可达800 m以上,形成了水源—朱王堡重力低异常;盆地南部祁连山前的丰乐镇以西,由于隐伏断层后期复活,新生界厚度甚至超过1 000 m,形成了金山—丰乐重力低异常;武威市北部的永昌镇一下双镇基底隆起,新生界厚度仅为380 m左右,形成了永昌一下双重力高异常。

2.2 磁场特征及地质意义

据“甘肃北祁连山—龙首山1:5万航空物探调查”项目1:5万航磁测量成果,武威盆地西缘覆盖区的航磁 ΔT 异常总体表现为在负磁(-60~0 nT)背景上叠加等轴状、短轴状、紧密线状或串珠状的局部正磁异常(图2c)。盆地北部(水源—朱王堡以北)的 ΔT 异常整体呈近东西向条带状正异常,这与盆地中南部永丰、洪祥正磁异常表现特征截然不同,故推断盆地北部磁异常是阿拉善隆起构造的反映,而中南部磁异常则为河西走廊过渡带甚至北祁连褶皱带构造的反映,基底性质有差别^[11]。

研究区西北部分布北西向宽条带状高磁异常,场值一般为0~250 nT,最高达到684 nT。地质资料揭示研究区西北部出露的河西堡岩体,主要由二长花岗岩和花岗闪长岩组成,围岩主要有中一下寒武统大黄山组浅变质岩系、下白垩统河口群。该岩体在研究区内的出露部分沿NW走向延伸3 km,但航磁异常沿NW走向延伸5 km,说明该岩体的东南部是隐伏于第四系之下的半隐伏岩体。事实上,于1983年在羊圈沙沟以北4.4 km完钻的18号区调钻孔在77.26 m进入花岗闪长岩,充分证明了该岩体的隐伏性质。北部的西沟村、乔家圈、牌路沟、流泉沟、扎子沟一带发育的磁异常,依据朱王堡镇以东流泉沟QY1钻孔在392 m之后进入花岗岩,扎子沟以东的M25井在426 m进入花岗岩,推断均为中酸性岩

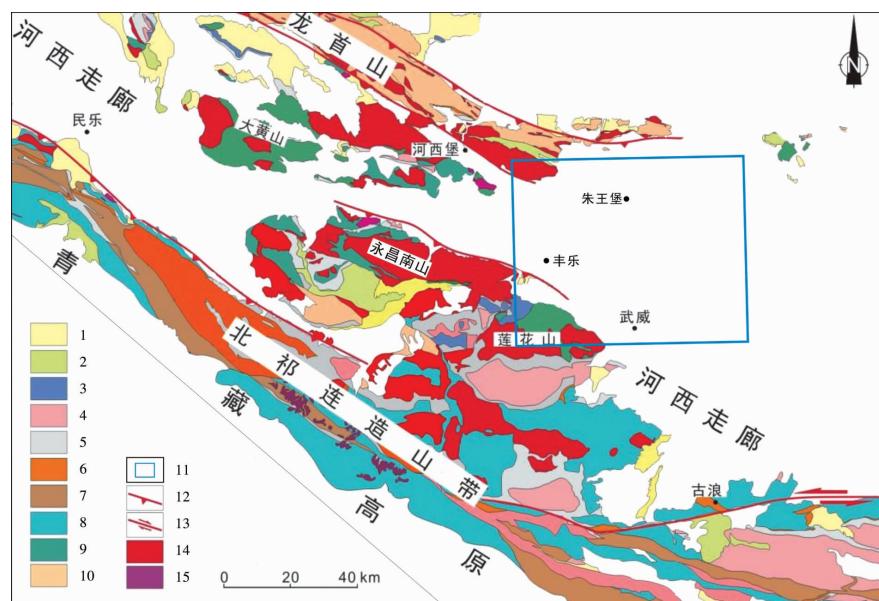


图1 祁连山东北缘区域地质简图

Fig. 1 Regional geological map of the northeastern margin of Qilian Mountains

- 1—新生界;2—白垩系;3—侏罗系;4—三叠系;5—石炭一二叠系;6—泥盆系;7—志留系;
8—奥陶系;9—寒武系;10—前寒武系;11—研究区范围;12—逆冲断层;
13—走滑断层;14—早古生代侵入岩;15—镁铁质岩石

体引起,并且埋深小于500 m。

盆地中部覆盖区的康宁—五和一带形成规模较大的NEE向正磁异常,丰乐—洪祥—双城形成NE向的正磁异常。这些正磁异常带均被地表第四系所覆盖,但是经不同高度上延,康宁—五和、丰乐—洪祥航磁 ΔT 异常与研究区西南部出露的莲花山岩体构成一个整体,推断引起这些正磁异常的岩体与祁连山北缘莲花山岩体为同源,即丰乐、洪祥正磁异常带主要由隐伏的中酸性侵入岩体引起。

此外,中国地质科学院地质力学所2019年在研究区洪祥镇东北部果园村完成WV-1孔,于662 m见到寒武系大黄山组变质岩并夹有花岗岩,锆石U-Pb同位素年龄为 (438.9 ± 2.5) Ma,钻孔处于丰乐—洪祥航磁 ΔT 异常北部边缘梯级带上;2020年又在WV-1钻孔南西方向约9 km的洪祥镇西南部马家庄完成WV-4钻孔,在655 m左右见到寒武系大黄山组变质岩并夹有花岗岩,钻孔处于丰乐—洪祥航磁 ΔT 异常西部边缘梯级带上。据岩石磁化率,大黄山组变质岩磁化率 210×10^{-5} SI,为弱磁性且远低于花岗岩,故推断WV-1钻孔、WV-4钻孔在寒武系大黄山组变质岩之下,分布有加里东期中酸性岩浆岩,引起了丰乐—洪祥—双城—一带NE向的正磁异常。

表1 武威盆地西部及其周缘岩石物性统计表

Table 1 Statistic of petrophysical parameters in the west of Wuwei Basin and its periphery

地层	主要岩性	密度值 g/cm ³		磁化率值 ×10 ⁻⁵ SI	地层	主要岩性	密度值 g/cm ³		磁化率值 ×10 ⁻⁵ SI
		变化	常见值				变化	常见值	
第四系	粘土、砂砾石	1.22 ~ 2.01	1.86	18	志留系	砂岩、凝灰岩、板岩	2.59 ~ 2.89	2.70	32
新近系	砂岩、砾岩、泥岩	1.25 ~ 2.36	2.17	9	寒武系	石英砂岩、长石砂岩、板岩	2.57 ~ 3.06	2.73	59
白垩系	砂岩、泥岩、页岩		2.43	12	震旦系	灰岩、千枚岩、硅质灰岩	2.54 ~ 2.85	2.71	63
侏罗系	砂岩、砾岩	2.48 ~ 2.67	2.58	11	前震旦系	片岩、硅质灰岩、片麻岩、大理岩	2.52 ~ 3.13	2.82	133
二叠系	砂岩、砾岩、页岩	2.61 ~ 2.79	2.65	7	加里东期	花岗岩、花岗闪长岩、石英闪长岩	2.45 ~ 2.71	2.61	383
石炭系	砂岩、灰岩、炭质页岩	2.55 ~ 2.67	2.62	6					

前人研究表明,研究区西南部出露的北大坂二长花岗岩单颗粒锆石 U-Pb 同位素年龄为 424 ~ 446.6 Ma,莲花山岩体英云闪长岩锆石 U-Pb 同位素年龄为 (426 ± 15) Ma^[12-14],与武威盆地 WV-1 钻孔花岗岩锆石 U-Pb 同位素年龄 (438.9 ± 2.5) Ma 相近^[15]。故引起盆地内康宁—五和、丰乐—洪祥航磁异常的中酸性岩体,与盆地周缘出露的加里东期中酸性岩体是同一个阶段产物,生成环境和构造条件具可比性。

2.3 武威盆地西缘覆盖区基底属性分析

前述及,武威盆地西缘的基底以变质岩、中酸性岩浆岩共同构成,上古生界地层在研究区是否广泛分布,尚没有明确定论。由玉门石油管理局 1962 年在武威火车站附近完成的武 2 井在 642 m 见到暗紫红色致密矽质砂岩,彼时定名为二叠系,笔者根据武威盆地其余钻孔资料认为应当是中一下寒武统大黄山组。因此,武威盆地西缘的盖层以第四系、新近系等新生界为主。

笔者收集了武威盆地西缘见到基底的 7 口钻孔资料(图 3)。从分布于盆地北部的三口钻孔来看,18 号区调钻孔在 77 m 见到花岗岩闪长岩,上覆第四系;朱王堡镇以东的流泉沟 QY1 钻孔在 392 m 见到花岗岩,上覆第四系、新近系;民勤县蔡旗乡扎子沟的 M25 钻孔在 426 m 见到闪长岩及花岗闪长岩,上覆第四系、新近系。由此推断,武威盆地北部的基底为加里东期中酸性岩浆岩,且埋深呈西浅东深的特点,即西部的区调 18 号钻孔 77 m 到中部朱王堡镇 400 m 左右,再到东部蔡旗扎子沟 450 m 左右。

从盆地中部、南部见到基底的 4 个钻孔来看,WV-1 孔于 662 m 见寒武系大黄山组变质岩夹加里

东期中酸性岩体构成的基底;WV-4 钻孔于 655 m 见到寒武系大黄山组变质岩夹花岗岩基底;玉门石油管理局 1962 年在武威市北部羊下坝镇完成武 1 井,在 382 m 见到寒武系大黄山组变质岩,武威火车站附近的武 2 井在 642 m 进入寒武系大黄山组变质岩。

因此,武威盆地西缘大致以北部的水源镇—朱王堡镇—蔡旗乡为界限,北部主要以加里东期中酸性岩浆岩为基底,上覆地层以第四系、新近系为主;而中、南部则以中一下寒武统大黄山组变质岩为主,上覆盖层以第四系、新近系为主,局部地段亦在变质岩之下发育加里东期中酸性岩浆岩。

钻孔及二维地震亦表明,武威盆地第四系厚度呈有规律的变化,即从南向北、由南西向北东,厚度由厚变薄,由单一的砂砾卵石层渐变为多层结构的亚砂土、砂质泥岩、泥质砂岩夹中细砂和含砾中细砂,沉积物的颗粒由粗变细。上新世末期到早更新世的下更新统堆积物厚度是武威盆地西缘的主要沉积层。

3 典型地球物理综合剖面解释

为查明武威盆地西缘的地质结构与构造特征,笔者 2019 年在研究区完成了一条 NE 向的二维地震剖面(图 2 d),受施工条件限制,由 W1、W2、W3 共计 3 段组成,全长 53 km。数据采集使用 1 200 道节点地震仪,震源使用可控震源,观测系统为一炮三线的宽线模式,炮距 20 m,道距 20 m,最高覆盖次数达 900 次,获得了清晰反映武威盆地西缘覆盖区地质结构的地震时间剖面。为进行重、磁、震综合解释,笔者沿地震剖面提取了剩余重力、航磁 ΔT 化极

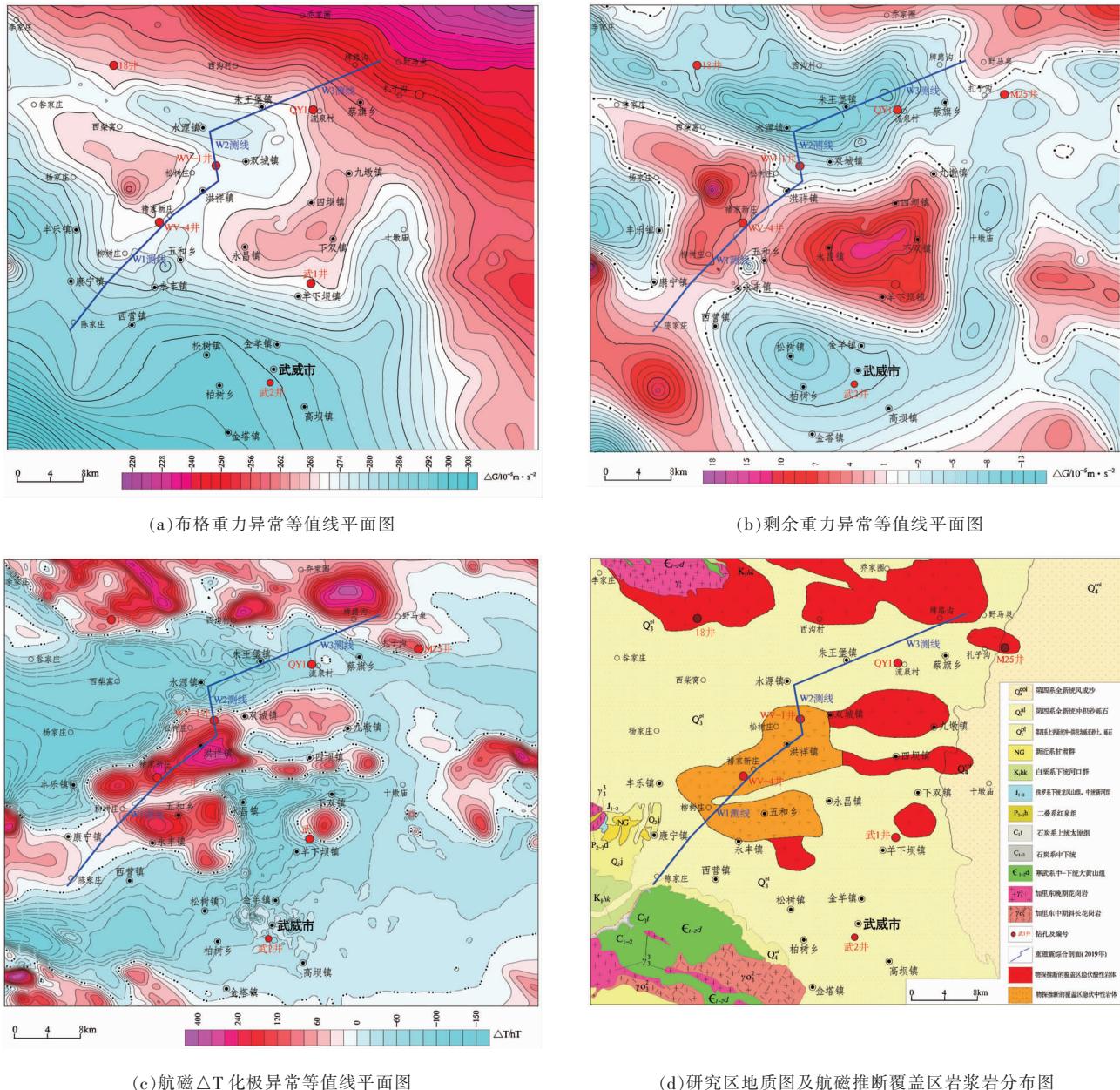


图 2 武威盆地西缘重磁异常及地质图

Fig. 2 The gravity and magnetic anomalies and geology map of the western margin of Wuwei Basin

数据,构成综合剖面进行联合解释^[16]。

据二维地震剖面(图4),武威盆地西缘有三组强反射波阻抗界面(以金色大道附近为参考),特征如下:①时间在420~450 ms间的反射波组(T_1),存在2个较强的同相轴,是武威盆地西缘最靠近地表的反射波同相轴,振幅强,连续性好,波阻抗差异明显,说明该反射层上下层位的岩性差异大,岩性有明显变化,可能为地层界面;②时间在920~1 000 ms之间的反射波组(T_2),反射波组出现2~3个强反射波同相轴,是武威盆地西缘振幅最强、连续性最好的

同相轴,波阻抗差异明显,表明该反射层上下层位的岩性差异显著。根据整个地震剖面特征来看,确定该反射界面为武威盆地区域性的波阻抗界面,上下层位的同相轴产状呈明显不同,表明该界面是武威盆地区域性不整合界面;③时间在1 300~1 500 ms之间、 T_2 之下的反射波组,反射波组显示3个强反射波同相轴,振幅强较、波阻抗差异较明显,但是以新泉村为分界,剖面南段该反射波组明显,剖面北段不明显,表明测线南段和北段的地层发育有所不同。

综合地球物理剖面显示重、磁、震有良好的对应

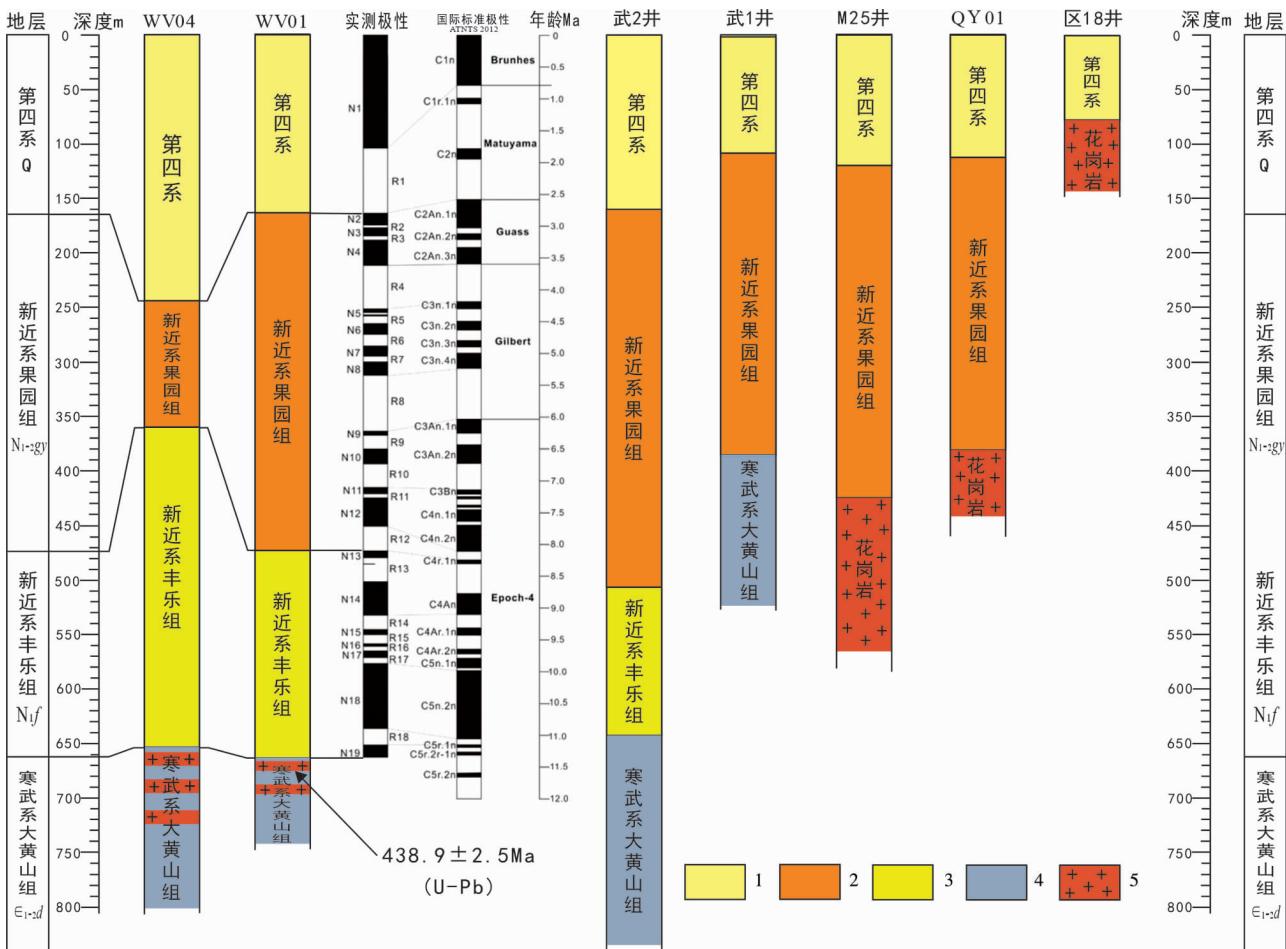


图3 武威盆地钻孔柱状图及古地磁测定结果

Fig. 3 Histogram of boreholes and paleomagnetic measurements in Wuwei Basin

1—第四系:砂、砾石层;2—新近系果园组:土黄色砂岩夹泥岩;3—新近系丰乐组:砖红色粉砂质泥岩、粉砂质泥岩;
4—寒武系大黄山组:板岩、变质石英砂岩;5—加里东期中酸性岩体:花岗岩、斜长花岗岩

关系。以研究区2019年、2020年完成的WV-1、WV-4钻孔为约束条件,联合剩余重力异常、磁 ΔT 异常、二维地震综合解释,较为清楚的揭示了武威盆地西缘地质结构情况及构造特征。

(1)南部祁连山前构造复杂,陈家庄—路口庄之间明显存在山前凹陷,以低密度、低磁为特征,推断沉积层以新生界为主;磁异常较弱,故基底可能为寒武系大黄山组浅变质岩。受北祁连褶皱带向盆地内部多期次叠加逆冲影响,山前带断裂系统复杂,产状多变^[17-20]。

(2)剖面中段连霍高速—新泉村在地震剖面上形成特征明显的下构造层、中构造层和上构造层3套构造层,即地震剖面反射波同相轴T₁以上、T₁—T₂、T₂以下,体现了研究区三个期次的构造活动。综合剖面上磁异常显示为高值,重力异常表现为向北东逐渐变低的趋势,依据WV-1孔、WV-4钻孔见到

的磁性较弱的大黄山组浅变质岩不能较好的解释高磁异常和较低重力异常,故推断连霍高速—新泉村地震剖面上向北东逐渐隆起的叠瓦状构造应由寒武系变质岩和磁性较强、密度较低的加里东期中酸性岩体共同构成。

(3)新泉村以北至剖面北端,重力、航磁异常均表现为低值异常,且地震、重、磁均形成向北逐渐抬升的趋势,说明以水源镇为界,武威盆地的地层发生了变化。

4 地球物理揭示的武威盆地西缘构造活动

由地球物理解释、钻孔验证等多元综合信息推断,武威盆地西缘构造特征极复杂,构造活动呈多期、多形态、多变化的特征。

(1)依据二维地震剖面、钻孔资料,武威盆地西缘二维地震剖面显示的下构造层、中构造层和上构造层3套构造层,分别是第四系松散砂砾石堆积层(2.58~0 Ma)、新近系碎屑岩(11.2~2.58 Ma)以及基底(寒武系变质砂岩、加里东期花岗岩),即上述二维地震剖面T₁、T₂分别代表了第四系底界面、新近系底界面^[10,21]。

(2)依据二维地震剖面(图4),由寒武系大黄山组变质岩构成的下构造层反映的构造特征最为复杂,是武威盆地西缘重要的构造活动阶段。在下构造层,由F₂、F₃、F₆断层控制了中一下寒武统大黄山组的沉积,分别形成3个断陷盆地。对下构造层构造样式的分析,表明该构造层从二维地震剖面西南向北东,出现由F₂、F₃、F₆断层分隔的复背斜构造、叠瓦构造、走滑构造和宽缓褶皱构造等4个不同样式的构造,表明这期构造活动以NE—SW方向为主,从剖面南西方向的祁连山沿北东方向向盆地内部逐渐减弱,构造变形动力则来源于盆地南侧的青藏高原^[17-23]。

在盆地中部朱王堡以北,除可见中一下寒武统断陷盆地之外,其上亦叠加了F₅断层控制的新近系

断陷盆地。资料分析表明,这是研究区西北部龙首山发育北西西走向的早白垩世断陷盆地,向东延伸隐伏在武威盆地中的表现^[24]。

因此,下构造层的构造分析表明,武威盆地西缘在古生代以来至少经历3期构造变形,即早寒武世NE—SW向伸展变形、侏罗纪末—白垩纪初NE—SW地壳缩短变形以及早白垩世NE—SW伸展变形^[15,21]。

(3)中构造层主要表现为新近系断陷盆地,相对于下构造层,构造特征较为简单,呈近乎水平状覆于下构造层之上。南缘为F₁断层控制,新近系地层总体上向北延伸逐渐抬升,显示南断北超的沉积特征。盆地WV-1钻孔、WV-4钻孔对比研究证明新近系沉积时代为11.2~2.58 Ma^[15],表明武威盆地在新近纪晚期经历伸展断陷过程。

(4)上构造层由第四系组成,南缘多发育逆断层,盆地内部发育少量走滑断层和逆断层,表明武威盆地第四纪变形主要集中在盆地南缘的祁连山^[20,25]。

(5)地球物理、钻孔资料均反映了武威盆地西缘以新生界为主要盖层,缺失古近系,第四系在平面上

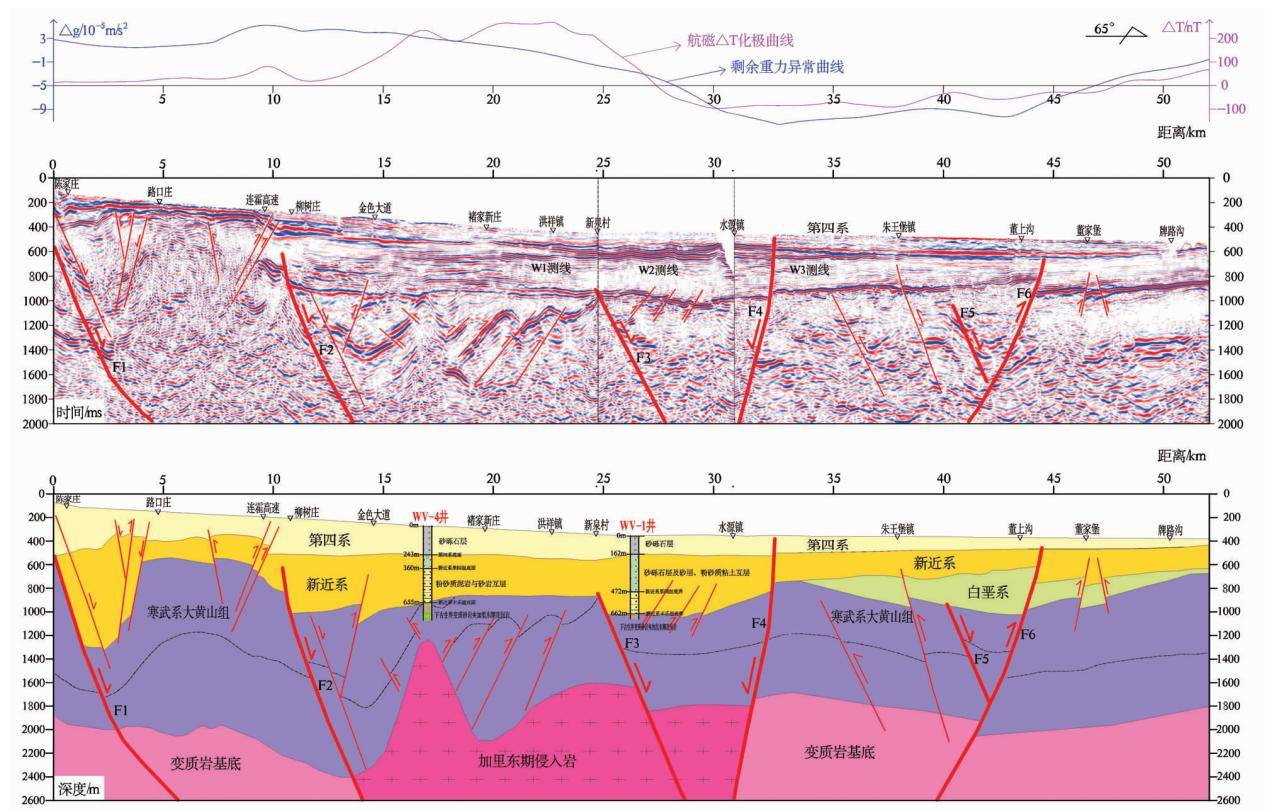


图4 武威盆地综合地球物理剖面解译图

Fig. 4 The comprehensive geophysical profile of Wuwei Basin and interpretation

分布范围广,在空间上分布的厚度大,并且厚度由盆地内向祁连山前逐渐变厚,有理由推断研究区的快速沉降主要发生在第四纪。晚新生代以来,武威盆地西缘显示了以升降运动为主的构造特征,莲花山(北祁连山)、龙首山持续上升,而武威盆地则相对下降,既为第四系沉积物提供了物质来源,又为第四系沉积物准备了空间场所。前人研究指出,北祁连山真正的造山事件发生于晚喜马拉雅运动^[18]。晚喜马拉雅运动提供的区域构造动力使得武威盆地在第四纪开始发生快速沉降,堆积了巨厚的第四系沉积。

(6)二维地震剖面、钻孔揭示武威盆地西缘新近系和下覆地层之间存在明显的不整合界面,该界面具有极为重要的地质意义。

其一,新近系和下覆地层之间的不整合界面表明,至少在晚中新世(11.2 Ma)之前,武威盆地西缘仍处于准平原化阶段。前人研究表明,北祁连山山前出露和山顶夷平面大量残留渐—中新统湖相的砂砾、泥岩^[18],说明北祁连山亦在渐新世—中新世处于泛盆地—准平原化阶段。武威盆地在这期间也经历了长时间的准平原化阶段,对晚中新世之前的沉积进行了剥蚀、夷平。武威盆地西缘的地球物理、钻孔资料均表明,研究区新近纪之前的地层分布极不均匀,残留地层厚度变化极大,说明该阶段的夷平作用对原始地层的剥蚀作用剧烈,造成了武威盆地西缘地层分布的不连续。

其二,新近系和下覆地层之间的不整合界面表明,武威盆地西缘和北祁连山在中新世之前是连为一体的,即武威盆地在发生相对沉降之前是青藏高原的一部分。

5 结论

笔者基于武威盆地西缘的二维地震、重力、航磁资料与钻探揭露,对研究区的基底属性、构造活动进行了深入分析,获得以下几点认识:

(1)武威盆地西缘的盖层以第四系松散砂砾石堆积层、新近系碎屑岩为主,不发育三叠系、侏罗系、白垩系等,新生界直接覆盖于基底之上。基底岩性复杂,地球物理、钻孔资料均反映了研究区多变的基底岩性和构造特征。总体而言,盆地北部以中酸性岩浆岩为基底,南部以寒武系大黄山组变质岩为主,其间穿插加里东期中酸性岩浆岩为特征,岩性变化大。

(2)武威盆地西缘可分为古生代—中生代、新近纪、第四系等3个构造活动阶段,对应武威盆地下、

中、上3个构造层。武威盆地西缘在古生代以来经历了早寒武世NE—SW向伸展变形、侏罗纪末—白垩纪初NE—SW地壳缩短变形以及早白垩世NE—SW伸展变形等3个阶段的构造变形;在晚新近纪经历了伸展断陷过程;在第四纪经历了快速堆积过程。

(3)武威盆地西缘的快速沉降主要发生在第四纪。晚新生代以来,武威盆地西缘显示了以升降运动为主的构造特征,莲花山(北祁连山)、龙首山持续上升,而武威盆地则相对下降,既为第四系沉积物提供了物质来源,又为第四系沉积物准备了空间场所。

(4)综合分析表明,至少在晚中新世(11.2 Ma)之前,武威盆地西缘仍处于准平原化阶段,对晚中新世之前的沉积进行了剥蚀、夷平,造成了武威盆地西缘地层分布的不连续。

(5)武威盆地西缘和北祁连山在中新世之前是连为一体的,即武威盆地在发生相对沉降之前是青藏高原的一部分。

参 考 文 献

- [1] 阎存凤,袁剑英.武威盆地石炭系沉积环境及含油气远景[J].天然气地球科学,2011,22(2):267—274
- [2] 玉门油田石油地质志编写组.中国石油地质志(卷十三)[M].北京:石油工业出版社,1989:1—441
- [3] 何治亮,高山林,郑孟林.中国西北地区沉积盆地发育的区域构造格局与演化[J].地学前缘,2015,22(3):227—240
- [4] 李儒峰,柳广弟,马国富,等.武威盆地石炭系层序地层学研究[J].现代地质,2010,24(6):1048—1056
- [5] 魏仙样,卢进才,魏建设,等.河西走廊地区石炭系一二叠系油气地质条件与含油气前景[J].地质通报,2011,30(6):865—878
- [6] 杜治利,田亚,陈夷.甘肃武威盆地儿马湖凹陷探获油气[J].中国地质,2017,4(1):190—191
- [7] 刘洪军,杜治利,陈夷,等.武威盆地武地1井石炭系烃源岩地球化学特征及地质意义[J].天然气地球科学,2021,32(7):1061—1072
- [8] 胡峰,龙思萍,王雪梅,等.武威盆地儿马湖凹陷石炭系页岩气资源潜力及沉积相分析[J].复杂油气藏,2019,12(4):19—23
- [9] 陈夷,杜治利,杜小弟,等.利用CEMP测线结合重磁震对武威盆地进行构造单元划分[J].中国矿业,2018,27(1):112—118
- [10] 施炜,赵子贤,杨勇,等.祁连山东北缘武威盆地新近系甘肃群地层划分.地质通报,2022,41(2—3):1—13
- [11] 孙栋华,江民忠,常树帅,等.河西走廊中东段基底岩相构造分析和大地构造单元划分[J].地球物理学进展,2017,141(01):254—265
- [12] 朱小辉,陈丹玲,冯益民,等.祁连山地区花岗岩岩浆作用及构造演化[J].地学前缘,2022,29(2):241—260
- [13] 黄增保,李葆华,金霞,等.北祁连山中段北大坂岩体成因及构造环境讨论[J].矿物岩石,2010,30(4):62—68
- [14] 熊子良,张宏飞,张杰.北祁连东段冷龙岭地区毛藏寺岩体和黄羊河岩体的岩石成因及其构造意义[J].地学前缘,2012,19(3):214—227

- [15] Zhao,Z,Shi W,Yang Y,et al. Late Cenozoic magnetostratigraphy and paleoenvironmental change in the northeastern Tibetan Plateau: Evidence from a drill core in the Wuwei Basin,NW China[J]. Journal of Asian Earth Sciences. 2021
- [16] 高锐,周卉,卢占武,等.深地震反射剖面揭露青藏高原陆—陆碰撞与地壳生长的深部过程[J].地学前缘,2022,29(2):14-27
- [17] 陈柏林,王春宇,崔玲玲,等.祁连山北缘—河西走廊西段晚新生代逆冲推覆断裂发育模式 [J].地学前缘,2008,15(06):260-277
- [18] 葛肖虹,刘俊来.北祁连造山带的形成与背景[J].地学前缘,1999(04):223-230
- [19] 张北航.河西走廊北缘晚中生代—新生代构造演化[D].北京:中国地质大学(北京),2016
- [20] 杨树锋,陈汉林,程晓敢,等.祁连山北缘冲断带的特征与空间变化规律[J].地学前缘,2007,14(5):211-221
- [21] Zhao Z X,Shi W,Yang Y,Zhao, Y. F. ,Wang,T. Y. ,Yang,Q. The Late Cenozoic crustal shortening in the north-east margin of the Qilian Shan: Evidence from the Fengle Basin,Gansu Province [J]. Geological Journal,2020,55:7193-7205
- [22] 陈文彬.河西走廊及邻近地区最新构造变形基本特征及构造成因分析[D].北京:中国地震局地质研究所,2003
- [23] 郭晓玉,高锐,高建荣,等.综合数据分析青藏高原东北缘六盘山地区构造形变及其构造成因独特性探讨 [J].地球物理学报,2017,60(06):2058-2067
- [24] 艾晟,张波,樊春,等.武威盆地南缘断裂晚第四纪活动地表形迹与活动速率[J].地震地质,2017,39(2):408-422

STRUCTURAL CHARACTERISTICS FROM GEOPHYSICAL EVIDENCE OF THE COVERAGE AREA IN THE WESTERN MARGIN OF THE WUWEI BASIN

YAO Rong-hui, ZHANG Bo

(The Second Institute of Geology and Mineral Exploration, Gansu Provincial Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Lanzhou 730020, China)

Abstract: Wuwei Basin is an important hydrocarbon-bearing basin in the Hexi Corridor area and a key basin for Paleozoic shale gas exploration. Because the Wuwei Basin is covered by the Quaternary, the structure of the basin is disputed. In order to study the tectonic characteristics of the western Wuwei Basin, the author used two-dimensional seismic and the existing 1: 50 000 aeromagnetic and 1: 200 000 gravity exploration results, drilling holes. The research results in this paper show that the basement lithology in the west of the Wuwei Basin is complex, Cambrian metamorphic rocks and Caledonian intermediate-acid magmatic rocks are alternately distributed, and the facies change is large. The caprock of the basin is mainly Quaternary and Neogene, and the thickness of Quaternary is more than 200 m. The western margin of the Wuwei Basin can be divided into three stages of tectonic activity: Paleozoic-Neogene, Neogene, and Quaternary. During the Paleozoic-Neogene period, the western part of the Wuwei Basin experienced the Early Cambrian NE-SW-trending extensional deformation, the late Jurassic-early Cretaceous NE-SW crustal shortening deformation, and the Early Cretaceous NE-SW extensional deformation. During the Late Neogene, the Wuwei Basin experienced an extensional fault depression process. During the Quaternary period, the study area underwent rapid accumulation processes. The regional unconformity interface between Neogene and Cambrian indicates that at least before the Late Miocene (11. 2Ma), the western Wuwei Basin was still in the stage of quasi-plainization, and the sediments before the Late Miocene were denuded and flattened, resulting in discontinuous stratigraphic distribution in the west of Wuwei Basin. Before the Miocene, the western part of the Wuwei Basin and the North Qilian Mountains were integrated, that is, the Wuwei Basin was part of the Qinghai-Tibet Plateau before the relative subsidence occurred.

Key words: Wuwei Basin; 2D seismic survey; hidden structure; Gansu