

鄂尔多斯地块西缘定边-景泰地壳和 上地幔电性结构分析

屈健鹏 朱佐全 杨国栋 李柱国 师水月

(中国地震局兰州地震研究所, 兰州 730000)

摘要 给出了定边-景泰大地电磁剖面探测结果并对其进行了分析. 鄂尔多斯块体内部电性结构简单, 电性界面成层性好, 而在其西缘弧形断裂带, 电性结构复杂, 电导率横向变化较大. 在弧形断裂带上地幔低阻层埋藏深度加大, 这与北面的银川断陷盆地上地幔结构上隆形成反照, 经分析认为银川断陷盆地属于拉张性质, 而弧形断裂带属于挤压性质, 由于均衡调整作用, 造成了两者上地幔结构的反差. 深部电性结构在大罗山-惠安堡之间有一局部上隆, 经分析认为此处可能为深大断裂, 南北构造带仅在此通过.

主题词 大地电磁测深 地壳 上地幔 鄂尔多斯地块

1 前言

鄂尔多斯块体西缘弧形断裂带自新生代以来以其强烈的挤压性质而不同于鄂尔多斯块体周边其它一些以拉张为主的地堑型盆地. 这些大型的压扭性弧形断裂从东北向西南依次为牛首山-罗山-云雾山断裂、烟筒山-窑山断裂、清水河断裂和西华山-六盘山断裂, 除此之外牛首山-云雾山断裂以东还有数条南北向的主要断裂(图 1), 这些断裂带至今构造运动还十分强烈, 是我国重要的强震活动带. 而深部构造活动对其影响很大, 因此利用大地电磁测深研究该地区地壳、上地幔结构特点, 从深部构造背景上认识产生这种现象的原因是十分有益的.

2 剖面概况和资料处理

该大地电磁测深剖面由陕西的定边开始, 经过大罗山, 终止于甘肃景泰以南的魏家台(图 1), 全长 300 km, 布设测点 13 个, 平均点距 25 km, 剖面横跨了鄂尔多斯块体内部和其西缘的弧形断裂带.

野外探测仪使用的是西德 MM S02 型数字大地电磁测深仪, 频带 2.5~3 000 s, 选择野外记录信号强和电磁干扰小的记录图段用于资料处理, 在对时间域大地电磁信号进行快速富氏变换谱分析后, 用最小二乘法原理多段资料平均方法求得测量坐标方向上的张量阻抗元素, 进而求得主轴方向上带状分布的两条视电阻率曲线及主轴方位角、偏离度、椭率、全信息矢量相关度和预期度等地球响应函数. 资料处理结果表明, 绝大多数测点主要周期频段上的全

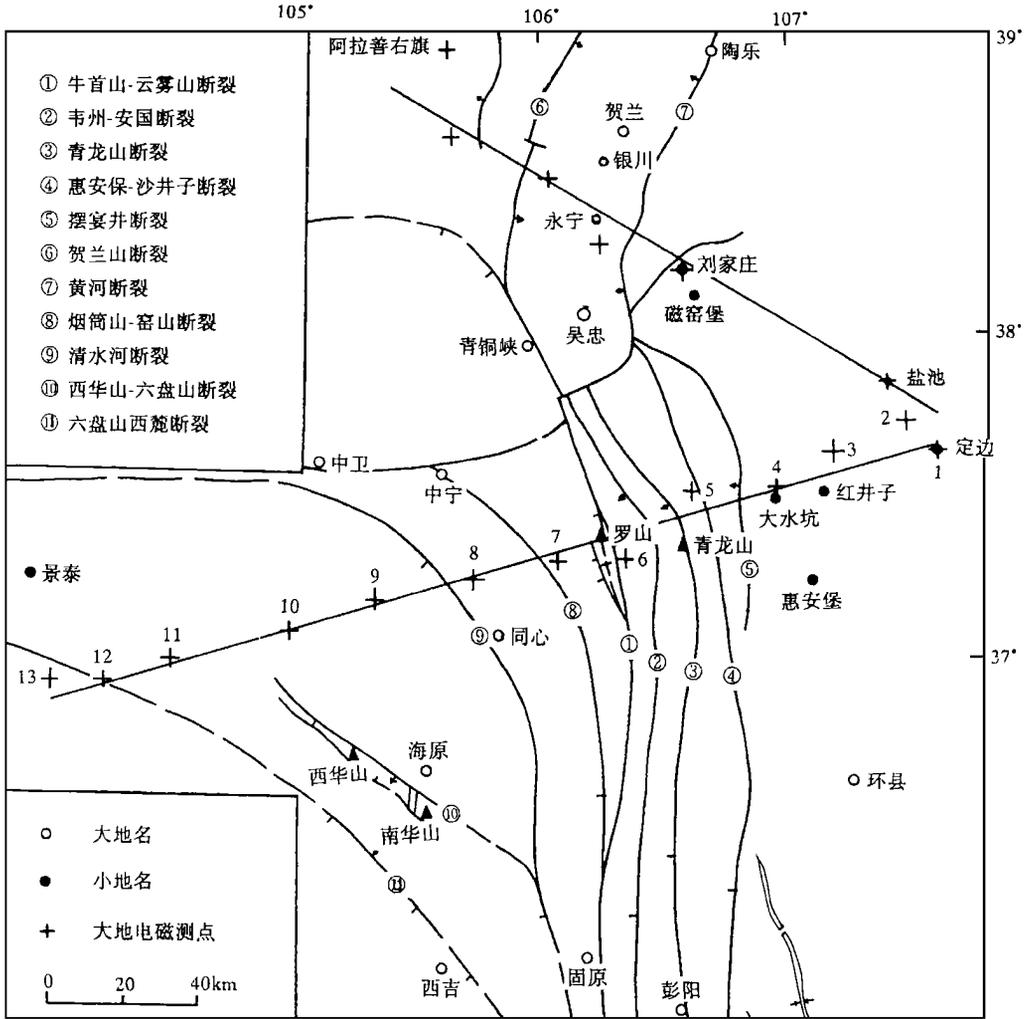


图 1 大地电磁测深点位分布

Fig. 1 The distribution of magnetotelluric sites.

信息矢量相关度均在 0.7 以上,说明了资料处理的可靠性。

1~ 6 测点大地电磁测深曲线已在文献 [1] 中作了细致的分析,根据同样的曲线分析原则我们对 7~ 13 测点也作了细致的分析,在分析中考虑了曲线的形态,非均匀性的影响,地质构造在大范围的走向,结合文献 [2] 论述的影响曲线畸变的电流效应、感应效应、绕流效应和集中效应等,借助主轴方位角对两条曲线进行了选择。

最终我们选择 ρ_{xy} 曲线适用于解释测点 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, ρ_{yz} 曲线适用于解释测点 7, 12, 而测点 13 则用有效视电阻率曲线作为解释曲线。

经过计算机一维反演,并将反演结果列于表 1。

总之所选择的曲线畸变小,能较真实地反映深部电性结构,结果是令人满意的,而非选择曲线得到的结果是紊乱的。

3 本剖面电性结构特征

根据本剖面 13 个测点大地电磁测深反演结果,我们绘制了从鄂尔多斯块体内部横跨西缘

表 1 大地电磁测点电性层参数

测点	点位	层参数						
		层号	d_y			d_x		
			d	h	H	d	h	H
1 定边	107°38'E 37°36'N	1	7.72	1.93	1.93	8.41	2.75	2.75
		2	110	106	108	233	13.2	16.0
		3	10.2	8.32	116	6.25	10.7	26.7
		4	5 000	124	240	213	44.2	70.9
		5	2.88			10.5		
2 盐池杨家寨子	107°29'E 37°49'N	1	6.66	1.57	1.57	8.19	2.5	2.5
		2	106	108	110	1 040	9.66	12.2
		3	10.8	9.13	119	8.84	20.6	32.8
		4	5 000	127	246	983	44.9	77.7
		5	3.10			19.3		
3 青山乡	107°11'E 37°35'N	1	8.93	2.53	2.53	5.04	1.84	1.84
		2	244	104	107	1 010	9.10	11.0
		3	10.7	7.95	115	9.13	28.2	39.2
		4	5 000	125	240	997	52.5	91.7
		5	2.84			19.1		
4 大水坑	106°58'E 37°28'N	1	8.22	2.08	2.08	8.36	2.3	2.3
		2	263	108	110	178	5.5	7.8
		3	13.2	6.60	117	15.8	45.9	53.7
		4	5 000	124	241	398	23.5	77.2
		5	3.61			16.1		
5 惠安堡	106°39'E 37°27'N	1	68.2	14.8	14.8	38.5	16.8	16.0
		2	286	85.0	99.8	117	32.5	49.3
		3	13.2	2.67	102	14.4	12.0	61.3
		4	5 000	142	244	951	81.6	143
		5	2.62			18.4		
6 红城水	106°24'E 37°13'N	1	27.4	3.93	3.93	96.5	4.54	4.54
		2	503	2.99	6.92	1 890	393	390
		3	11.4	15.6	22.5	61.3	4.35	402
		4	543	69.4	91.9	2 980	581	903
		5	3.52			19.1		
7 马家渠	106°00'E 37°13'N	1	9.56	6.51	6.51	63.1	9.91	9.91
		2	5.19	6.24	12.8	913	19.1	29.0
		3	938	36.3	49.1	27.6	20.6	49.6
		4	15.4			1 920	64.9	115
		5				23.1		
8 马家河湾	105°48'E 37°09'N	1	35.9	5.57	5.57	15.9	2.45	2.45
		2	513	29.0	34.6	500	4.19	6.64
		3	28.8	7.61	42.2	3.21	7.06	13.7
		4	2 080	75.2	117	510	73.7	87.4
		5	18.3	5.52	123	3.74		
		6	2 070					
9 下流水	105°26'E 37°05'N	1	20.1	17.6	17.6	3.69	3.35	3.35
		2	491	11.6	29.2	1 180	9.04	12.4
		3	15.8	16.1	45.3	1.00	3.33	15.7
		4	1 900	72.7	118	3 000	43.3	59.0
		5	6.71			7.29		

续表 1

测点	点位	层参数						
		层号	d_y			d_x		
			d	h	H	d	h	H
10 白塔	105°06' E 36°59' N	1	18.8	1.37	1.37	8.04	1.12	1.12
		2	1 690	30.1	31.5	531	14.8	15.9
		3	57.2	8.52	40.0	8.97	8.39	24.3
		4	2 220	81.3	121	484	60.1	84.3
		5	7.93	3.96	125	11.3		
		6	2 040					
11 靖远水泉	104°38' E 36°53' N	1	18.6	3.75	3.75	71.0	2.10	2.10
		2	310	26.0	29.0	1 270	48.7	50.8
		3	11.4	12.9	42.7	17.7	4.22	55.0
		4	1 970	92.9	136	1 140	579	634
		5	3.54			3.27		
12 景泰尾泉	104°22' E 36°49' N	1	6.05	1.46	1.46	5.41	0.54	0.54
		2	200	3.13	4.59	129	31.1	31.6
		3	1.61	6.61	11.2	12.0	11.5	43.1
		4	2 000	18.6	29.8	4 950	85.8	129
		5	1.31			7.04		
13 景泰魏家台	104°10' E 36°49' N					d	h	H
						31.4	2.14	2.14
						444	14.6	16.7
						30.1	38.4	55.1
						1 850	74.3	129

注: d- 视电阻率 (Ω m); h- 层厚 (km); H- 埋深 (km)

弧形断裂带的地壳、上地幔电性结构剖面图 (图 2). 分析认为该剖面可能有以下几个特征层:

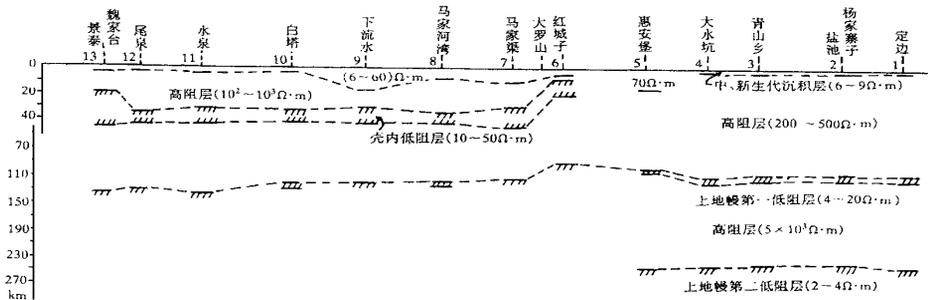


图 2 定边-景泰地壳、上地幔电性结构

Fig. 2 The electrical structure of crust and upper mantle from Dingbian to Jingtai.

(1) 浅部沉积层: 在鄂尔多斯块体内部沉积结构简单, 厚约 2.5 km, 电阻率 6~9 Ω m, 而在西南缘弧形断裂带内, 由于表层非均匀性, 所反映的浅层深度有较大变化, 由浅层的地质和人工地震资料可知此处有数条弧形断裂和南北向延伸的断裂 (图 1), 断面西倾, 上陡下缓, 延伸到地下往往变为低角度掩冲断层。

(2) 在鄂尔多斯块体西缘弧形断裂带中, 地下 30~40 km 深度范围内, 广泛存在一个低阻

层 ($10 \sim 50 \Omega \cdot \text{m}$)。该层在大罗山脚下的红城水测点隆起,并在惠安堡测点消失,鄂尔多斯块体内部未测到此层。该层的电性不连续性反映了此剖面所跨两个地质单元(即鄂尔多斯块体内部与西缘弧形断裂带)电性结构的差异。

(3) 上地幔低阻层在 300 km 长的剖面上均有分布,在鄂尔多斯块体内部,基本稳定在 110 km 左右的深度上,在大罗山附近,上地幔低阻层顶面局部隆起,隆起最高处深度为 92 km,而往西的弧形断裂带内上地幔低阻层深度又有加深的趋势,即由 113 km 加深至 130 km 左右。

4 讨论

(1) 纵观整个剖面,在鄂尔多斯块体内部电性结构简单,电性界面成层性好,电导率分布只有很小变化,而在西端的弧形断裂带壳内电性结构复杂,电性界面起伏大,说明电导率横向变化较大,壳内有低阻层分布。

在弧形断裂带,壳内低阻层深度一般为 30~40 km,电阻率为 $10 \sim 50 \Omega \cdot \text{m}$ 。根据我们统计的该区震源深度分布可知,绝大多数地震位于中部地壳低阻层之上。文献 [3] 认为,中部地壳低阻层很可能是大陆内某些浅源大地震的震源底部,理由是大陆内浅源大震大都发生在 30 km 以上的上部地壳内,即中地壳低阻层之上。

根据本区区域地质构造,弧形断裂带主要是以大型逆冲断层为主要特征,断层在地面一般较陡,但据地质、地震、重力延拓资料,断层倾角向深处逐渐变缓,再往深处断面近于水平,形成滑脱型构造^[4],其力源来自青藏高原向东北的推挤作用。

考虑到青藏高原与鄂尔多斯块体的相互作用方式,或许可认为弧形断裂带内的地壳低阻层在大构造背景上是上覆地壳向东北滑动的底。

(2) 在弧形断裂带,另一个特征就是上地幔低阻层(软流圈顶面)要比鄂尔多斯块体内部更深(图 2),并往西有深度增加的趋势,这与北面的银川盆地软流圈顶面(上地幔低阻层)上隆^[5](图 3)形成反差。

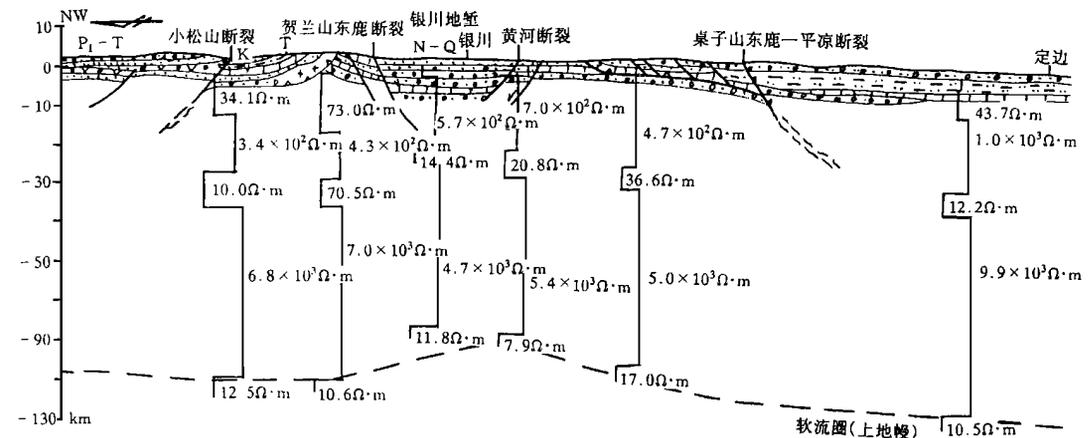


图 3 银川断陷盆地及附近地壳、上地幔电性结构

Fig. 3 The electrical structure of crust and upper mantle in and around the Yinchuan fault basin.

解释这种差别,需要根据不同地带地质属性和动力学因素进行研究,银川断陷盆地与西缘弧形断裂带分属两个不同大地构造单元,它们的构造背景、展布方向和断裂方式是不同的,

银川断陷盆地属于中朝准地台中的一部分,运动方式为剪切拉张型,而西南弧形断裂带属于祁连褶皱系,运动方式为左旋压扭挤压型(图 1)。

地壳中的伸展作用和挤压作用的动力可能来源于深部软流圈物质运动,银川断陷盆地属于拉张性质,在地质演变过程中由于伸展作用,地壳经历了变薄的过程,其下面的上地幔物质由于均衡调整作用出现自然抬升,呈现隆起,形成所谓的“反山根”;而在西缘弧形断裂带内,由于受到青藏高原北东向的挤压作用,地壳处于收缩状态,上地幔物质可能并不抬升,地壳厚度也无减薄的证据。如此解释上地幔低阻层在弧形断裂带内埋藏深度加大的结果看来是合理的。

(3) 在红城水和惠安堡测点,上地幔低阻层和壳内低阻层有一局部上隆,这两个测点正处于牛首山-罗山-固原断裂带东侧,该断裂带东侧又有数条近南北向的断裂(图 1),此处正是华北地台与祁连褶皱系的交接部位。深部电性结构上隆,反映出大罗山-惠安堡可能为深大断裂带,据此可认为南北向构造带仅在此通过(图 4)。

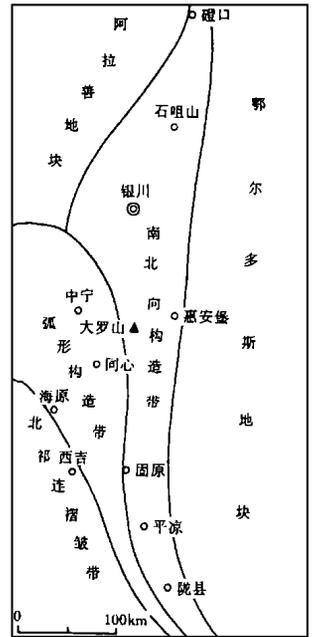


图 4 鄂尔多斯块体西缘构造单元划分

Fig. 4 Sketch of tectonic units along the west border of the Ordos block.

参考文献

- 1 屈健鹏,等.鄂尔多斯块体西南定边-大罗山大地电磁测深剖面解释.西北地震学报, 1996, 18(4): 32~ 37.
- 2 王光镗,王秀琨.大地电磁测深曲线畸变.见:刘国栋,陈乐寿主编.大地电磁测深研究.北京:地震出版社,1984. 147~ 163.
- 3 林长佑,等.论中国西北某些地区高导层及地震区划的深部电性指标.地震学报, 1988, 10(1): 66~ 75.
- 4 汤锡元,等.陕甘宁盆地西缘逆冲推覆构造及油气勘探.西安:西北大学出版社,1992. 67~ 99.
- 5 国家地震局地学断面编委会.上海奉贤至内蒙古阿拉善左旗地学断面.北京:地震出版社, 1992.

ANALYSIS ON ELECTRICAL STRUCTURE OF CRUST AND UPPER MANTLE ALONG THE WESTERN BORDER OF ORDOS BLOCK

QU Jianpeng ZHU Zuoquan YANG Guodong LI Zhuguo SHI Shuiyue
(Earthquake Research Institute of Lanzhou, CSB)

Abstract

The magnetotelluric sounding results show that electrical structure is simple inside Ordos block and complex in the arcuate fault zones on the western border of the block. In the arcuate fault zones, lateral change of conductivity is severe and the low resistivity layer in upper mantle tends to deepen. This is different from Yinchuan fault basin where upper mantle structure is uplifted. It is considered that tectonics are tensional in the Yinchuan basin and compressional in the arcuate fault zones. In addition, deep electrical structure is uplifted between Daluoshan and Hui'anpu. It is shown that this is a deep-seated fault where the North-South tectonic belt passes through.

Key words Telluric electromagnetic sounding, Crust, Upper mantle, Ordos block