

西藏泽当岩体含铬超镁铁岩体的深部构造特征与找矿前景探讨

姜 枚^{1,3} 杨经绥¹ 张聿文² 谭捍东²
彭 淼¹ 吴良士³ 许乐红¹ 张立树¹ 李庆庆¹

(1. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100083;
3. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

摘要: 在中国最大的铬铁矿罗布莎周边地区有着数目众多的含铬超镁铁岩体; 分布广阔, 具有很好的找矿前景, 选择泽当岩体进行了重、磁、大地电磁法的剖面探测, 结果表明: 泽当岩体被近南北向断裂切割成多块, 其西端岩体向北推移的距离远于东段的岩体, 总体上呈北西西向展布; 岩体磁异常由蛇纹石化产生的磁铁矿和岩体生成时剩余磁化引起, 磁异常指出了岩体浅部的范围; 航磁较大范围的异常表明存在较深部的磁性体; 重力异常说明岩体局部存在高密度体, 且与磁异常相吻合, 地表出露的矿点多分布在此范围内; 岩体表层为高阻薄层, 在剖面中段高阻体厚度最大处达 1.5 km, 范围不大。在薄高阻体下为薄层低阻层。电阻率剖面两侧以高阻体为主, 中段有多个低阻体, 且与深部 5~25 km 深度上的低阻体相连, 中地壳范围的低阻体与幔源物质上涌在地壳范围留下的熔融体有关, 与地壳上部的超镁铁岩体有关。综合各种地球物理场的特征认为在磁异常分布区内具有局部重力异常、低阻体异常较多的地段是泽当岩体最有利于进一步详细探测找矿的部位。

关键词: 泽当岩体; 重、磁异常; 导体; 地壳结构

中图分类号: P631; P588.12+5

文献标志码: A

文章编号: 1000-3657(2013)03-0780-10

泽当岩体位于西藏南部雅鲁藏布江缝合带东段, 在中国最大的铬铁矿罗布莎西部, 属西藏罗布莎—泽当蛇绿岩体的组成部分, 是地幔橄榄岩出露较好的部位之一^[1-3]。位于同一条近东西向航磁 ΔT 异常带和重力梯度带上^[4-6]。该区以往的物探工作有区域性航磁^[7]与区域重力测量^[8](图 1)。穿越本区和邻近地区的大地电磁法剖面有多项工作^[9-15], 而且, 对青藏高原雅鲁藏布江缝合带的电性结构和低速高导体等做出了各自的解释。

罗布莎段的蛇绿岩由较新的地幔橄榄岩、堆晶岩和基性岩墙组成, 最大出露宽度约 4 km; 西侧泽当岩体的蛇绿岩体出露的宽度不足 1 km, 大部分已蛇纹石化。蛇绿岩的围岩自南而北由上三叠统复理

石沉积(T_3)、上侏罗统一白垩系火山沉积序列(J_3-K); 古近—新近系罗布莎群磨拉石沉积以及冈底斯岩浆带组成(图 2)。近些年地质研究在罗布莎—泽当超镁铁岩体的研究有了很大进展, 一系列异常地幔矿物的发现^[16-23]说明了含铬超镁铁岩体的地幔成因, 从而为地球物理探测提供了新的依据。

1 磁力测量与成果分析

区内布设了 6 条地面磁力和重力测量剖面, 由磁测剖面平面图(图 3)表明, 与罗布莎含铬超镁铁岩体相同, 在地表上泽当岩体与磁异常分布范围十分接近, 也就是说: 泽当岩体周边的岩性, 均不具有明显的磁性, 未形成可与岩体相比的磁异常; 岩体的

收稿日期: 2013-03-31; 改回日期: 2013-04-02

基金项目: 国家深部探测技术与实验研究专项, 大陆科学钻探选址与钻探实验(SinoProbe-05-07)资助。

作者简介: 姜枚, 男, 1937 生, 研究员, 长期从事深部和矿区地球物理探测研究; E-mail: mjmeij@gmail.com。

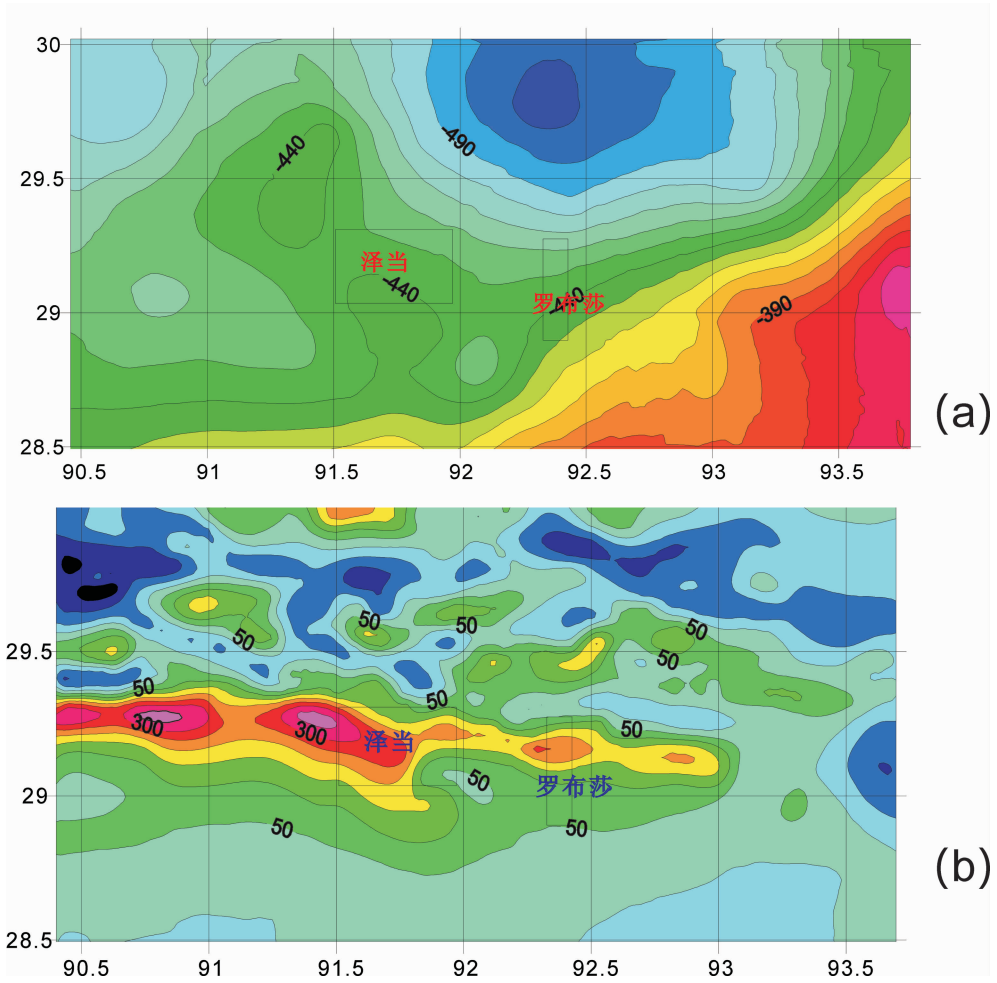


图 1 区域重力异常与航磁异常特征及泽当岩体位置
 (a)-重力异常平面图;(b)-航磁异常平面图

Fig.1 Regional gravity anomalies and aeromagnetic anomalies and location of Tsedang rock mass
 (a) Gravity anomalies plan; (b) Aeromagnetic anomaly plan

磁性分布不均匀,几乎所有剖面上都有强度不大的锯齿状起伏变化较大的磁异常,在岩体的南部为清晰的局部较强磁异常,其正负异常幅值差值可达 1000 nT 以上。此类岩体磁异常是沿雅鲁藏布江缝合带超镁铁岩体的普遍特征,在剖面南侧由蛇纹石化引起的磁铁矿化较强,所形成的磁异常在斜磁化情况下伴生的负磁异常,锯齿状磁异常则说明该部分岩体的磁性主要来源于岩体生成时的剩余磁化强度,它们与局部正磁异常应属不同时代生成,这可能表明岩体较强的蛇纹石化是晚于岩体本身的形成时间。

应该指出的是,在图 1 中给出了航磁 ΔT 的完整异常,其范围已超出了地面出露的岩体磁异常范围和强度,因此推断岩体深部存在其他来源的磁性矿物,它们是引起航磁异常的不可忽视的原因。

在图 3 的泽当 2、3 线磁测剖面上标出了岩体与围岩的磁场范围,以及局部强磁异常的位置。这对我们进一步分析是大有帮助的。

进一步将磁异常和地表出露岩体的特征对比,给出了其他剖面上岩体与围岩磁异常的范围以及局部较强的磁异常范围,从而连接出磁性岩体的分布范围及位置,并与本区已知含矿点分布相对应。可以看到,矿点的整体分布与蛇纹石化岩体磁异常的分布范围是相当吻合的。值得注意的是,地表出露岩体范围以西的磁测 1 线上的磁异常说明岩体向西还有被覆盖的部分(图 2),其下部岩体向西延伸。

2 重力测量成分析

在泽当岩体上与磁测相同的剖面(图 4)上进行

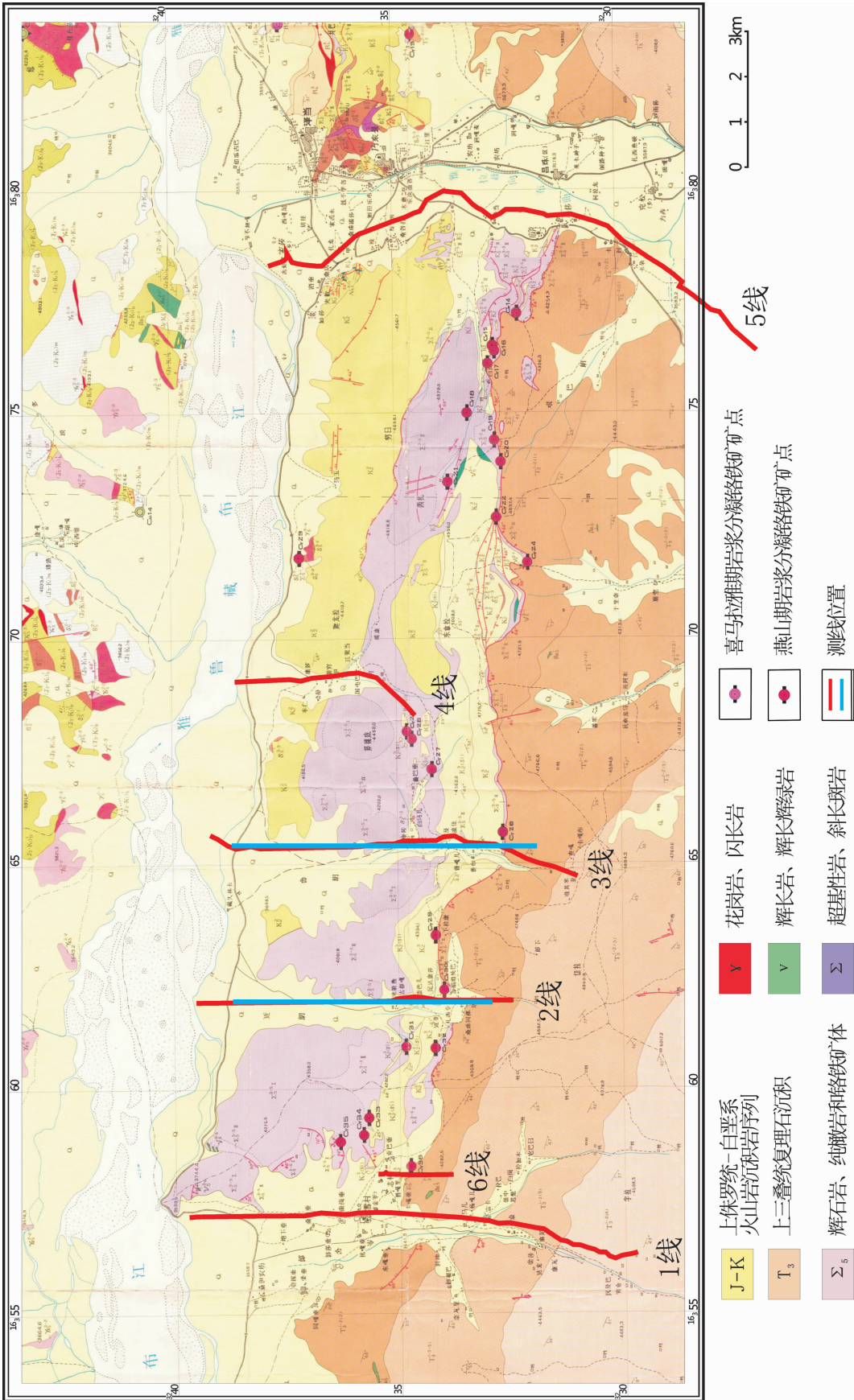


图 2 泽当岩体地面重力、磁法(红色)和大地电磁法(蓝色)探测剖面位置(地质图来自杨经绥, 2011年)
 Fig.2 Location of profiles for ground gravity, magnetic method (red) and magnetotelluric method (blue) on Tsedang rock mass (geological map after Yang Jingsui, 2011)

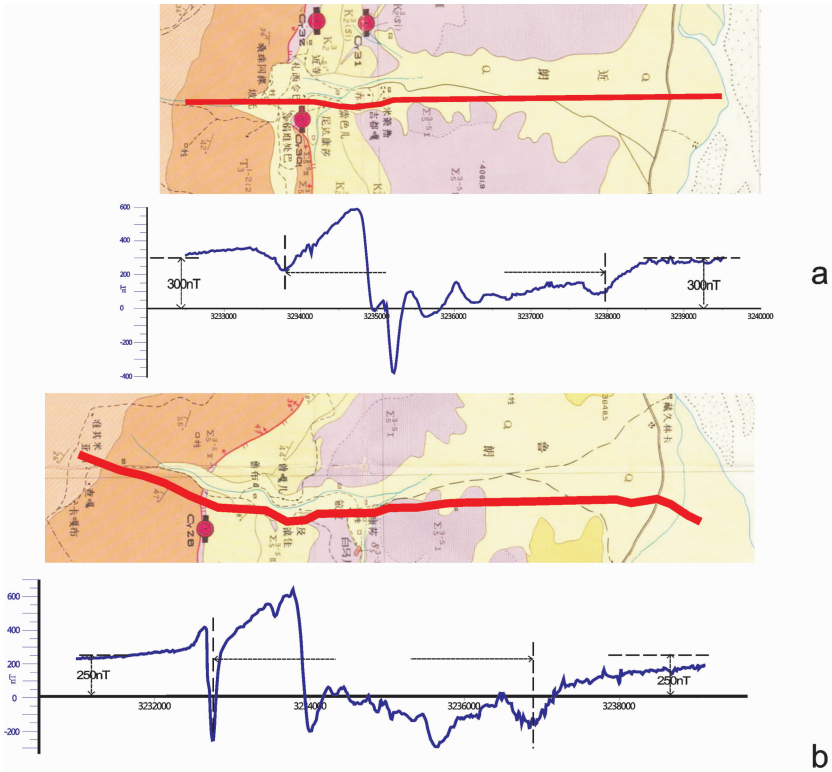


图 3 泽当 2 线、3 线剖面磁异常特征与解释的岩体范围

A—泽当 2 线地面磁测 ΔT 剖面图; b—泽当 3 线地面磁测 ΔT 剖面图; 地质平面条带图来自杨经绥(2011), 图中标出了剖面位置

Fig.3 Magnetic anomaly characteristics and interpretation of the rock mass range for Line-2 and Line-3 on Tsedang rock mass (a) ΔT cross section for ground magnetic survey of Line-2; (b) ΔT cross-section for ground magnetic survey of Line-3; geological histogram after Yang Jingsui, 2011; locations of profiles marked in each figure

了地面 Δg 重力测量,从 3 线重、磁地形对应剖面上可以看出,在区域重力梯度带和地形由南向北约 10 km 剖面内的落差高达 1 000 m 的背景上仍然出现了局部重力高异常。这是与岩体有关的重力异常。只是我们没有在所有剖面获得较清晰的局部重力 Δg 异常,然而在覆盖厚度大致相近的情况下几处局部的重力高异常则肯定是与岩体局部密度增大有关,这可能正是金属矿化程度较高的地段,在这里磁异常较强的范围内出现局部重力高是值得重视的异常。但是不是所有的剖面上都获得了高值重力异常,这可能是由地形、剖面线路位置等多方面原因造成的。

3 大地电磁法探测与成果分析

在重磁探测的 2、3 剖面上进行了大地电磁法探测,探测深度达 40 km。结果示于图 5。

电阻率模型分数层,浅部薄层高阻体不超过

200 m,其下为大致连续的低阻层,南端薄,向北在中段加厚,第三层是高阻体,可能是与浅部岩性相同,也可能是北部花岗岩体的组成部分。从 3 km 向下全部为低阻体范围,其主要低阻体位于深 7 km 以下,向下延伸可达地下 25 km,宽度超过 5 km。

现在首先分析 3 km 以上的电阻率特征。以 2 线为例,从整条剖面上看,3 km 范围内电阻率呈现两侧以高阻体为主,中部以低阻体为主的电性特征。中段的低阻体断续与深部大范围低阻体相连,又与浅部近水平延伸的低阻层连接。这个浅部低阻体分布地段,正好也是地表泽当岩体的出露范围,也是磁异常变化最大的地段(图 5-c₁)。

2 线与 3 线 MT 结果不完全对应,实际上在泽当岩体上 2 线和 3 线之间存在断裂带,致使岩体西段在 2 线以西部分向北推移了更多些,故 2 线剖面没有完全进入 3 线所显示的北部高阻体范围,而使

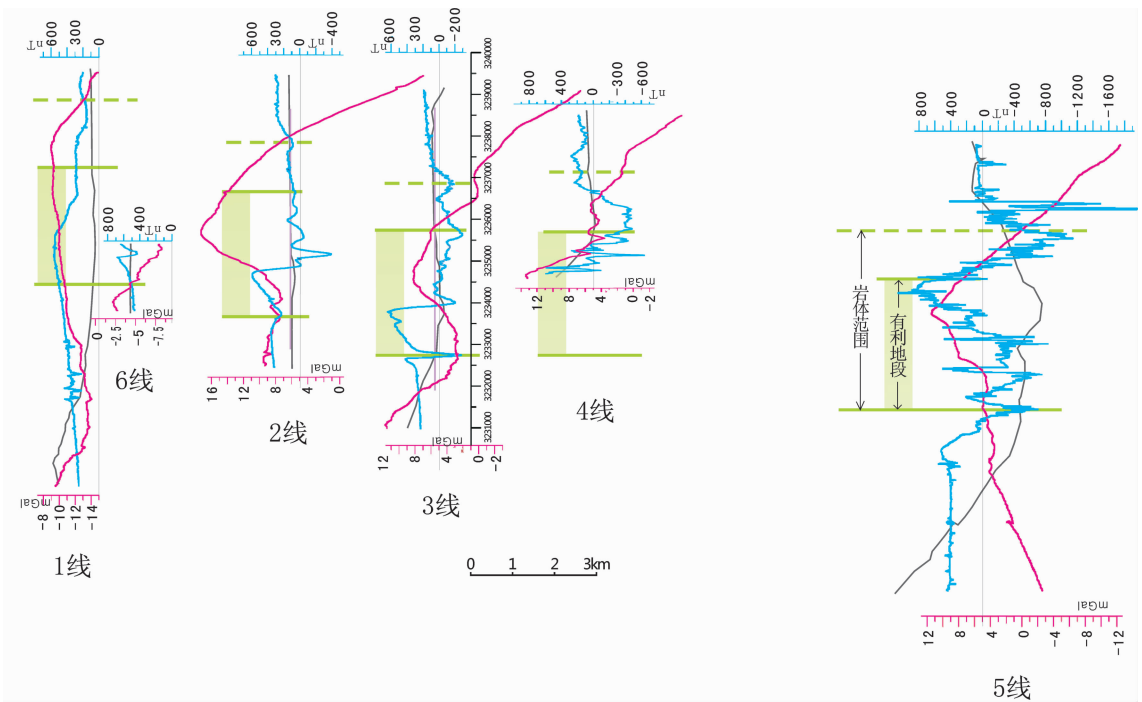


图4 泽当地区重、磁异常剖面平面图及其解释

图中红线为重力异常曲线;蓝线为磁力异常曲线;黑线为地形;绿色范围为推断有利找矿的范围;黑色为重力测线

Fig.4 Gravity and magnetic anomaly plan and its interpretation on Tsedang rock mass

The red curve represents gravity anomaly; the blue curve represents magnetic anomaly; the green histogram represents favorable prospecting range; the gray curve represents gravity survey line

中段的低阻体、低阻层偏向于剖面北侧,同时磁异常最北端的异常也不甚完整(图5-f₁)。然而1线南部的磁异常特征则大致与2线相似,它们与浅部低阻层的范围南部相吻合。可见,浅部不太连续的低阻层与超镁铁岩体的蛇纹石化磁铁矿有着密切的关系。

4 深部低阻体特征

在2线MT二维反演电阻率剖面(图5-c₂)的7 km以下有陡立的近椭圆形的低阻体,其电阻率普遍低于60 Ωm,向下延伸超过25 km深度,在以往工作中^[22-25]对青藏高原的中下地壳的低阻体和局部熔融的讨论已经较多。本区与浅部的高阻体相比,深部低阻范围向下一直延伸到近30 km范围,但相邻的3线剖面却没有在相应位置上对应出现类似的椭圆形低阻体,这说明该椭圆低阻体是范围有限的,可能由于岩体在向北推移时,2线以西推进更远些,这个推移过程不仅是上地壳的推移,还存在着中下地壳的推进;造成了深部电阻率分布的不对应。而此椭球状低阻体可能与中下地壳部分熔融或者与深部幔

源物质有着重要联系。笔者在研究罗布莎矿区的大地电磁电阻率分布特征时遇到过类似的情况^[30]。从罗布莎和泽当等地区结果可以确认中下地壳的低阻高导体与地表及浅部的超镁铁岩体有某种关系,同时该低阻高导体在东西方向上沿缝合带没有连续的特征,应该不是高原物质向东移动的管道^[12]。

5 浅部高阻体特征

在3~4 km深度范围内存在着高达500 Ωm以上的高阻体,其北侧的高阻体与冈底斯花岗岩体有密切关系,它侵入到J₃-K的地层中。

最上层薄层的高阻体具有磁异常特征的地段明显是与泽当含铬超镁铁岩体的近地表分布有关,该高阻薄层并不意味着岩体的厚度,岩体的某些部位亦可能是与局部熔融或破碎、含水等因素有关,也可能由次生铬铁矿引起,从而使电阻率也随之降低了。

超镁铁岩体可能随着印度板块向北推进,超覆在原西藏地壳上方,这种情况在罗布莎矿区同样存在着。

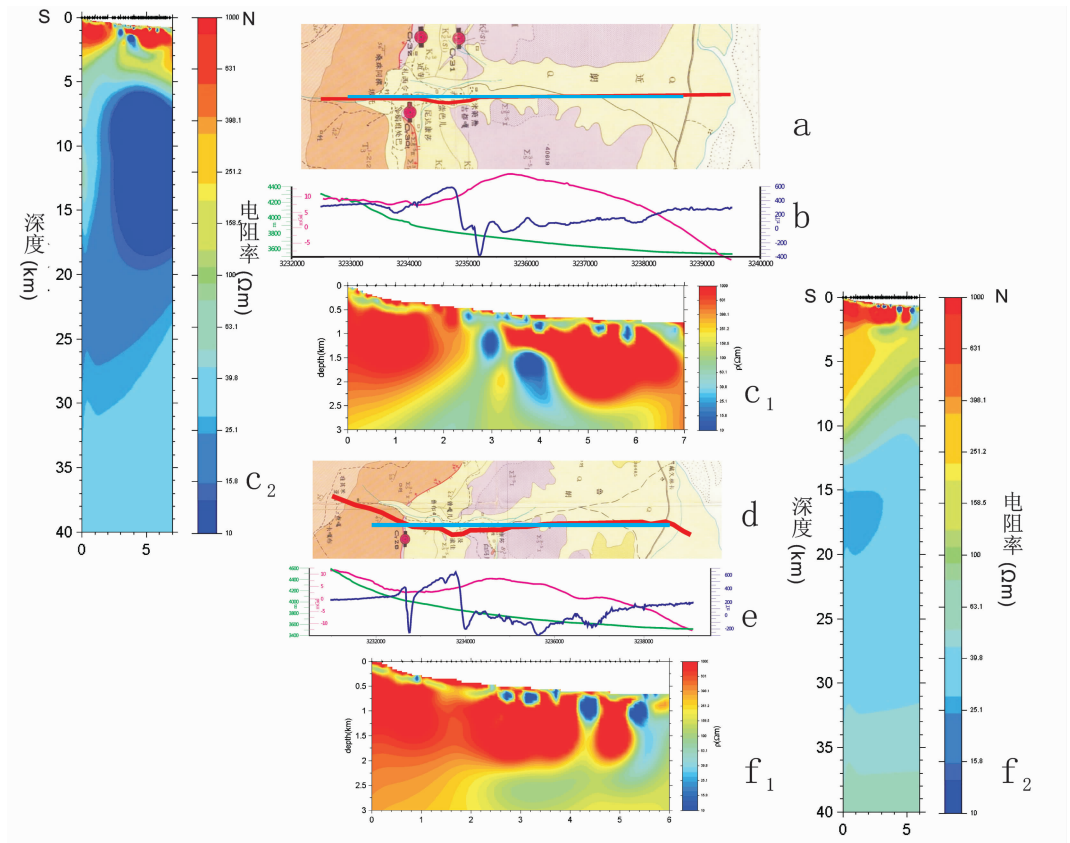


图 5 泽当岩体 2 线、3 线大地电磁法二维反演电阻率模型

a—2 线地质条带图与测线位置; b—2 线地面重力 (Δg , 红色)、磁力 (ΔT , 蓝色) 及地形剖面图; c—2 线大地电磁法电阻率剖面, c_1 为 3 km 以上剖面, 比例尺与 a、b 相同; c_2 为 40 km 深度电阻率剖面图, 比例尺与 c_1 不同; d—3 线地质条带图与测线位置; e—2 线地面重力 (Δg)、磁力 (ΔT) 及地形剖面图; f—2 线大地电磁法电阻率剖面, f_1 为 3 km 以上剖面, 比例尺与 d、e 相同; f_2 为 40 km 深度电阻率剖面图, 比例尺与 f_1 不同

Fig.5 Resistivity model by magnetotelluric 2D inversion for Line-2 and Line-3 on Tsedang rock mass

a—Geological histogram and location of surveying line 2; b—Ground gravity (Δg , red), magnetic (ΔT , blue) and terrain profiles of Line 2; c—MT resistivity model of Line 2, c_1 represents the profile above 3 km with the scale same as that in Fig. a, and Fig. b and c_2 represents the profile above 40km whose scale is different from the scale in Fig. c; d— Geological histogram and location of surveying line 3; e—Ground gravity (Δg , red), magnetic (ΔT , blue) and terrain profiles of Line 3; f— MT resistivity model of Line 3, f_1 represents the profile above 3km with the scale same as that in Fig. d and Fig. e, and f_2 represents the profile above 40km whose scale is different from the scale in Fig. f_1

南部的高阻体应与印度板块推进的中上地壳底
层等高阻岩性有关系。

6 解释

在以往工作, 特别是近些年在已知的罗布莎铬
矿床进行的多种地质研究取得的新成果基础上, 本
文对利用重、磁、大地电磁剖面探测获得的多种异常
进行了分析研究, 三种不同物理场方法的结果各具
特色又相互补充, 反映出本区泽当含铬超镁铁岩体
深达 40 km 范围的深部结构的若干特征。由图 6 的
地球物理模式反映出相关的特征。

6.1 泽当地区磁性岩体平面特征

泽当岩体地表分布与航磁异常(图 1~2)都是北

西西方向的延伸, 实际上是该岩体被数条近南北向
断裂切割, 在印度板块向北推移和特提斯洋闭合过
程中泽当岩体受力不同, 故被推向北侧的距离不等,
西段推动距离较大。故总体呈现了北西西的走向。如
图 4~5 所示, 无论磁场 ΔT 曲线还是大地电磁法电
阻率特征, 2、3 两线之间存在明显的差异, 两线之间
必定存在近南北向断裂, 其具体位置可能位于与测
线附近的沟中(图 6)。

6.2 泽当岩体分布区的深部电阻率特征

(1) 地表层出露的泽当岩体呈高阻特征, 其向深
部延伸不大, 仅在 500 m 以内, 最厚处位于中部磁
异常最大处, 厚达 600~800 m, 它与深部高阻体相
连。其余部位均被薄层的低阻体与深部的高阻体分

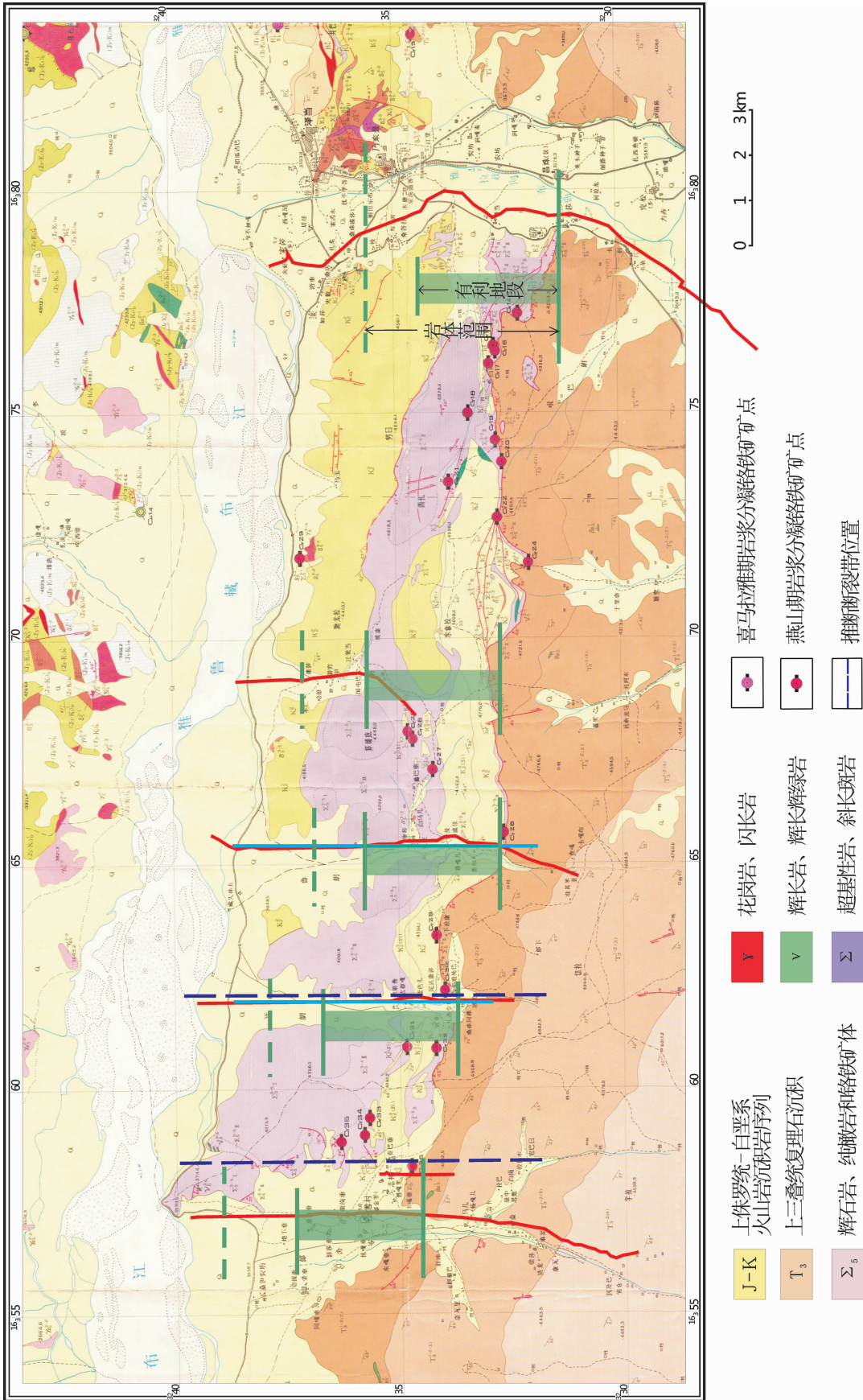


图6 泽当岩体地质地球物理综合图

Fig.6 Integrated geological and geophysical map of Tsedang rock mass

隔开。该低阻体更可能是由于南北推进的印度板块上地壳向北插入的层间滑脱面或含水层造成的。

(2)在浅部的低阻层下方发育厚度超过 1.5 km 的高阻体,在南端厚度加大到 3 km。此高阻体可能是印度板块的中上地壳的高阻岩性体。

(3)最值得重视的是在本剖面中段局部低阻体发育地带,它们与浅部局部高阻体相间排列,又具有重力高局部异常和磁异常带,而且与更深部的椭圆状低阻体有连接之势。后者作为局部熔融体是多数大地电磁法探测的共识,可能与深部地幔物质的运移或热量有关。

当前,国际上对地幔柱的研究与日俱增,在地球上发现越来越多的地幔存在的证据。地震低速带和各向异性的研究也表明含有异常地幔矿物和地幔超高压矿物的铬铁矿可能从深部地幔被运移到浅部地幔等深部地幔动力源问题^[8]。

但是,地幔柱的存在与具体含铬铁矿的超镁铁岩体的关系涉及到从地幔深部到地幔浅部,又从地幔进入地壳,从中下地壳到目前出露地表或侵位到近地表浅部的位置,目前还是个十分模糊的概念,从地幔运移到目前位置的漫长过程肯定是复杂的,肯定也不是地幔柱简单的直通到位。研究地幔柱在地壳范围内的特征,不仅有利于完善深部地幔到达地表铬铁矿的认识,而且提供了寻找超镁铁岩体与铬铁矿的依据。

大地电磁法在罗布莎和泽当等岩体上的探测所提供的低阻体是值得重视的特征。它可能正是地幔柱超高温矿物等上升运移过程的最后一段,在地壳,特别是中下地壳留下的残存体。它标志出地幔柱与进入地壳后几经构造运动的残留状态。

7 结论

(1)大地电磁法的低阻高导体可以解释为存在着低阻、含水、高温甚至低速的熔融体,与地幔物质和热量有关。

(2)在泽当等矿区该低阻体与罗布莎一样都有清晰的显示;其分布范围与地表岩体分布范围、地表磁测异常的范围相近;在泽当岩体该低阻体中心位置在 2 线附近,和罗布莎岩体低阻体的形态类似,但产出深度不同,泽当岩体仅在 5~25 km 范围内。

(3)低阻体沿雅鲁藏布江超镁铁岩体的分布未构成东西连贯的低阻熔融体,而是陡倾产状的椭球体。

(4)伴随着印度板块由南向北推移,位于中下地壳的椭圆状低阻体也会向北推移,它们与上地壳的局部低阻高阻体也都在向北推进,其推进的距离则可能有差异。上地壳的向北推移的距离至少在泽当岩体西段和东段也有明显的差异。

(5)最有利的找矿地段是剖面中段重磁异常吻合处,以及局部高阻体与低阻体紧密相伴的地段,矿化和破碎带发育,含金属矿物较多等因素才可能既有低阻特征又有重力异常,此带浅部出露的矿化作用也较强。

致谢:在进行本课题的研究过程中得到许志琴院士、袁学诚教授、李金铭教授、余钦范教授等人的多方支持和帮助,中国地质大学(北京)的许多同学参加了重磁法、大地电磁法的野外工作和资料处理,在此一并予以感谢。

参考文献(References):

- [1] 梁凤华,许志琴,巴登珠,等.西藏罗布莎—泽当蛇绿岩体的构造产出与侵位机制探讨[J].岩石学报,2011,27(11):3255-3268.
Liang Fenghua, Xu Zhiqin, Ba Dengzhu, et al. Tectonic occurrence and emplacement mechanism of ophiolites from Luobusha-Zedang, Tibet [J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27 (11):3255-3268 (in Chinese with English abstract).
- [2] 高洪学,宋子季.西藏泽当蛇绿混杂岩研究新进展 [J]. 中国区域地质, 1995, (4):316-322.
Gao Hongxue, Song Ziji. New progress in the study of the Zedang ophiolitic mélange in Tibet [J]. Regional Geology of China, 1995, (4):316-322 (in Chinese with English abstract).
- [3] 徐向珍.藏南康金拉豆荚状铬铁矿和地幔橄辉岩成因研究[D].北京:中国地质科学院,2009:21-26.
Xu Xiangzhen. Origin of the Kangjinla Podiform Chromite Deposit and Mantle Peridotite, South Tibet [D]. Chinese Academy of Geological Science, 2009:21-26(in Chinese with English abstract).
- [4] 熊盛青,周伏洪,姚正煦,等.青藏高原中西部航磁概查 [M]. 北京:地质出版社,2002.
Xiong Shengqing, Zhou Fuhong, Yao Zhengxu, et al. The Aeromagnetic Survey Conducted in Central and Western Qinghai-Tibet Plateau [M]. Beijing:Geological Publishing House, 2002(in Chinese).
- [5] 姚正煦,周伏洪,薛典军,等.雅鲁藏布江航磁异常带性质及其意义[J].物探与化探,2001,25(4):241-252.
Yao Zhengxu, Zhou Fuhong, Xue Dianjun, et al. The property of the Yarlung Zangbo River aeromagnetic anomaly zone and its significance [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2001, 241-252(in Chinese With English abstract).
- [6] 薛典军,姜枚,吴良士,等.青藏高原区域重磁异常的东西向分区及其构造地质特征[J].中国地质,2006,33(4):912-919.

- Xue Dianjun, Jiang Mei, Wu Liangshi, et al. Eastwest division of regional gravity and magnetic anomalies on the Qinghai-Tibet Plateau and its tectonic features [J]. *Geology in China*, 2006, 33(4): 912-919 (in Chinese with English abstract).
- [7] 中国国土资源航空物探遥感中心. 中国及其毗邻海域航空磁力 ΔT 图[M]. 北京:地质出版社, 2004.
- Aerogeophyscal Survey & Remote Sensing Center. Aeromagnetic Map of China and Its Adjacent Seas [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004(in Chinese).
- [8] 地矿部区域重力调查方法技术中心. 中国及其毗邻海域布格重力异常图[M]. 北京:地质出版社, 1999.
- Methodological and Technical Center of Regional Gravity Sarvey, MCJMR. Bouguer Gravity Anomaly Map of China and Its Adjacent Seas[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999(in Chinese).
- [9] 谭捍东, 魏文博, Martyn Unsworth, et al. 青藏高原南部雅鲁藏布江缝合带地区地壳电性结构研究[J]. *地球物理学报*, 2004, 47(4): 685-690.
- Tan Handong, Wei Wenbo, Martyn Unsworth, et al. Crustal electrical conductivity structure beneath the Yarlung Zangbo Jiang suture in the southern Xizang plateau [J]. *Chinese Journal of Geophysics*, 2004, 47(4): 685-690 (in Chinese with English abstract).
- [10] 谭捍东, 姜枚, 吴良士, 等. 青藏高原电性结构及其对岩石圈研究的意义[J]. *中国地质*, 2006, 33(4): 906-911.
- Tan Handong, Jiang Mei, Wu Liangshi, et al. Electrical conductivity structure of the Qinghai-Tibet Plateau and its significance for the study of the lithosphere [J]. *Geology in China*, 2006, 33(4): 906-911(in Chinese with English abstract).
- [11] 孙洁, 晋光文, 白登海, 等. 青藏高原东缘地壳、上地幔电性结构探测及其构造意义[J]. *中国科学(D辑)*, 2003, (Supp.): 173-180.
- Sun Jie, Jin Guangwen, Bai Denghai, et al. Sounding of electrical structure of the crust and upper mantle along the eastern border of Qinghai-Tibet Plateau and its tectonic significance [J]. *Science in China (Ser.D)*, 33 (Supp.): 173-180 (in Chinese with English abstract).
- [12] 魏文博, 金胜, 叶高峰, 等. 藏南岩石圈导电性结构与流变性-超宽频带大地电磁测深研究结果 [J]. *中国科学 (D辑)*, 2009, 39 (11): 1591-1606.
- Wei Wenbo, Jin Sheng, Ye Gaofeng, et al. Electrical structure and rheology of south Tibet lithosphere results from super wide band magnetotelluric sounding[J]. *Science in China(in Chinese)*, 2009, 39 (11): 1591-1606(in Chinese).
- [13] 白登海, 腾吉文, 马晓冰, 等. 大地电磁观测揭示青藏高原东部存在两条地壳物质流[J]. *中国基础科学*, 2011, 13(1): 7-10.
- Bai Denghai, Teng Jiwen, Ma Xiaobing, et al. Crustal flow beneath Eastern Tibetan Plateau revealed by magnetotelluric measurements [J]. *China Basic Science*, 2011, 13 (1): 7-10 (in Chinese with English abstract).
- [14] 赵国泽, 汤吉, 詹艳, 等. 青藏高原东北缘地壳电性结构和地壳变形关系的研究[J]. *中国科学(D辑)*, 2004, 34(10): 908-918.
- Zhao Guoze, Tang Ji, Zhan Yan, et al. Relation between electricity structure of the crust and deformation of crustal blocks on the Northeastern margin of Qinghai-Tibet plateau [J]. *Science in China(Series D)*, 2004, 34 (10): 908-918(in Chinese).
- [15] 魏文博, 陈乐寿, 谭捍东, 等. 青藏高原大地电磁测深探测亚东-巴木错沿线地区壳幔电性结构 [J]. *现代地质*, 1997, 11(3): 360-374.
- Wei Wenbo, Chen Leshou, Tan Handong, et al. MT sounding on Tibetan plateau-Electrical structure of crust and mantle along profile of Yadong Bamucuo[J]. *Geoscience*, 1997, 11(3), 366-374 (in Chinese with English abstract).
- [16] Yang J S, Bai W J, Fang Q S, et al. Silicon-rutile: An ultrahigh pressure (UHP) mineral from an ophiolite [J]. *Progress in Natural Science*, 2003, 13: 528-531.
- [17] 杨经绥, 白文吉, 方青松, 等. 西藏罗布莎豆荚状铬铁矿中发现超高压矿物柯石英[J]. *地球科学*, 2004, 29(6): 651-660.
- Yang Jingsui, Bai Wenji, Fang Qingsong, et al. Coesite discovered from the podiform chromitite in the Luobusha ophiolite, Tibet [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 2004, 29(6): 651-660(in Chinese with English abstract).
- [18] 杨经绥, 白文吉, 方青松, 等. 西藏罗布莎蛇绿岩铬铁矿中的超高压矿物和新矿物(综述)[J]. *地球学报*, 2008, 29(3): 263-274.
- Yang Jingsui, Bai Wenji, Fang Qingsong, et al. Ultrahigh-pressure minerals and new minerals from the Luobusa ophiolitic chromitites in Tibet: A review [J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2008, 29(3): 263-274(in Chinese with English abstract).
- [19] 杨经绥, 张仲明, 李天福, 等. 西藏罗布莎铬铁矿体围岩方辉橄榄岩中的异常矿物[J]. *岩石学报*, 2008, 24(7): 1445-1452.
- Yang Jingsui, Zhang Zhongming, Li Tianfu, et al. Unusual minerals from harzburgite, the host rock of the Luobusa chromite deposit, Tibet [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2008, 24(7), 1445-1452 (in Chinese with English abstract).
- [20] Yang J S, Larissa D, Bai W J, et al. Diamond- and coesite-bearing chromitites from the Luobusa ophiolite, Tibet [J]. *Geology*, 2007, 35: 875-878.
- [21] 白文吉, 杨经绥, 陶淑凤, 等. 西藏蛇绿岩中硅铁合金组合及成因探讨[J]. *岩石矿物学杂志*, 2003, 22(3): 279-284.
- Bai Wenji, Yang Jingsui, Tao Shufeng, et al. Si-Fe alloy assemblage in ophiolite of Tibet and their genesis [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 2003, 22(3): 279-284(in Chinese with English abstract).
- [22] 白文吉, 杨经绥, 施倪承, 等. 西藏罗布莎蛇绿岩地幔岩中首次发现超高压矿物方铁矿和自然铁 [J]. *地质论评*, 2004, 50(2): 184-188.
- Bai Wenji, Yang Jingsui, Shi Nicheng, et al. A discovery of ultrahigh pressure minerals—Wustite and native iron from the mantle ophiolite, at Luobusa, Xizang [J]. *Geological Review*, 2004, 50(2): 184-188(in Chinese with English abstract).
- [23] 杨经绥, 徐向珍, 李源, 等. 西藏雅鲁藏布江缝合带的普兰地幔橄榄岩中发现金刚石: 蛇绿岩型金刚石分类的提出 [J]. *岩石学报*, 2011, 27(11): 3171-3178.

- Yang Jingsui, Xu Xiangzhen, Li Yuan, et al. Diamonds recovered from peridotite of the Purang ophiolite in the Yarlung–Zangbo suture of Tibet: A proposal for a new type of diamond occurrence [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2011, 27 (11):3171–3178 (in Chinese with English abstract).
- [24] 叶高峰, 金胜, 魏文博, 等. 西藏高原中南部地壳与上地幔导电性结构[J]. *地球科学—中国地质大学学报*, 2007, 32(4):492–498.
- Ye Gaofeng, Jin Sheng, Wei Wenbo. Research of conductive structure of crust and upper mantle beneath the South–Central Tibetan Plateau [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 2007, 32 (4):492–498 (in Chinese with English abstract).
- [25] 袁学诚, 李立, 金国元, 等. 西藏洛扎—羊八井地区的磁大地电流地壳测深[J]. *地质学报*, 1985, 1:25–31.
- Yuan Xuecheng, Li Li, Jin Guoyuan, et al. Deep magnetotelluric sounding in the Lhoxha–Yangbajin area, Tibet [J]. *Acta Geological Sinica*, 1985, 1:25–31(in Chinese with English abstract).
- [26] Nelson K D, Zhao W, Brown L D, et al. Partially molten middle crust beneath Southern Tibet: synthesis of project INDEPTH results[J]. *Science*, 1996, 274(5293):1684–8.
- [27] 刘美, 白登海, 肖鹏飞. 青藏高原东部岩石圈电性结构特征及其构造意义[J]. *地震地质*, 2010, 32(1):51–58.
- Liu Mei, Bai Denghai, Xiao Pengfei. The electrical conductivity structure of the eastern Tibetan Plateau and its tectonic implications [J]. *Seismology and Geology*, 2010, 32(1):51–58(in Chinese with English abstract).
- [28] 魏文博, 陈乐寿, 谭捍东, 等. 关于印度板块俯冲的探讨——据 INDEPTH 2MT 研究结果[J]. *现代地质*, 1997, 11(3):379–386.
- Wei Wenbo, Chen Leshou, Tan Handong, et al. An approach on subduction of Indian Plate from INDEPTH 2MT results [J]. *Geoscience*, 1997, 11 (3):379–386 (in Chinese with English abstract).
- [29] Yin An, Harrison T Mark, Ryerson F J, et al. Tertiary structural evolution of the Gangdese thrustsystem, southeastern Tibet [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1994, 99(B9):18, 175–18, 201.
- [30] Jiang Mei, Peng Miao, Yang Jingsui, et al. Seismic reflection and magnetotelluric evidence for a deep tectonic model for Luobusha chromite in Tibet[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2013, in press.

Deep tectonic characteristics and ore–prospecting potential of the Zetang Cr–bearing ultramafic rock mass in Tibet

JIANG Mei^{1,3}, YANG Jing–sui¹, ZHANG Yu–wen², TAN Han–dong², PENG Miao¹,
WU Liang–shi³, XU Le–hong¹, ZHANG Li–shu¹, LI Qin–qin¹

(1. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China*; 2. *China University of Geosciences, Beijing 100083, China*; 3. *Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China*)

Abstract: Numerous Cr–bearing ultramafic rock masses with high ore–prospecting potential are distributed around Luobusha, the largest chromite deposit in China. The Zetang rock mass was selected to conduct profile probing using gravimetric, magnetic and magnetotelluric methods. The results show that the Zetang rock mass was cut into several parts by approximately NS–trending faults, with the west parts moving farther northward than the east ones and distributed in NWW directions on the whole. The magnetic anomalies in the mass were caused by the magnetite resulting from the serpentinization and the residual magnetization when the rock mass was formed, and such magnetic anomalies indicate the limits of the superficial part of the rock mass. The gravity anomalies reveal that there are high–density bodies existing locally in the mass, which accord with the magnetic anomalies, and the outcropped ore spots at the earth’s surface are mostly distributed within the limits. The surface layer of the mass is a thin high–resistance layer, with a thickness of at least one hundred meters in general, and the maximum thickness of the high–resistance body reaches 1.5 km in the middle section of the mass profile but its area is not large. Under the thin high–resistance bodies, there is a thin low–resistance layer. Both sides of the profile are dominated by high–resistance bodies, but the middle section contains quite a few low–resistance bodies, which are connected with the low–resistance bodies in the deep part at the depth of 5–25 km and thus belong to the low–resistance bodies in the middle crust. It is inferred that these low–resistance bodies were caused by partial melting, suggesting that there probably existed passages for the upward migration of mantle–derived materials. Through summarizing the characteristics of various geophysical fields, it is thought that the sectors with more local gravity anomalies and low–resistance body anomalies in a magnetic anomaly area are most favorable for further detailed exproation and ore–prospecting work.

Key words: Zetang rock mass; gravity and magnetic anomalies; conductive body; crustal structure

About the first author: JIANG Mei, male, born in 1937, senior researcher, engages in the study of geophysics in the depth and the mining area; E–mail: mjmeij@gmail.com.