

地磁场 (AR) 中剪切断层型断裂 (破裂) 的表达: 以 Lisagor 矿田为例

Gagik Varazdat Markosyan, Lyuba Baratov Mirzoyan
亚美尼亚 埃里温 埃里温国立大学地理和地质系

摘要: 本文讨论了磁力测量 (磁力勘探) 绘制剪切断层断裂图的可能性及其在磁场中分离的规律。断裂发生的地质构造先决条件及其意义被表示为矿山控制结构。特别是剪切断层断裂, 除了环境磁畴结构的机械变化外, 还会导致磁畴磁矩的定向和磁矩的减小。因此, 断裂带的地磁异常场强度在一定程度上降低, 这在磁力测量过程中有时无法记录, 特别是当扰动发生在磁性较弱的复杂沉积岩区域时。该问题的解决方案, 尤其是在褶皱区域, 可以通过存在具有陡坡的磁性活动层 (基性岩脉、磁铁矿砂岩等), 该层经历了剪切断层破裂。本文介绍了在 AR 的 Lisagore 矿区通过地磁研究发现的剪切断层型断裂。这些断裂表现在带有砂岩夹层的泥质岩磁活动层的几个滑动幕中, 地质图中也对此进行了描述。泥板岩本身不具有磁性财产, 因此其磁性活动可以用磁铁矿-砂岩薄夹层的存在来解释, 这些夹层由一系列 T 场的高强度线性异常所描述, 这些异常被断裂位置处滑动幅度的大小所中断并相互偏离。

关键词: 构造断裂; 剪切断层; 磁强计; 磁异常

Expression of Shear-Fault Type Fractures (Ruptures) in the Geomagnetic Field (AR): The Example of the Lisagor Mineral Field

Gagik Varazdat Markosyan, Lyuba Baratov Mirzoyan

Faculty of Geography and Geology, Yerevan State University, Yerevan, Armenia

Abstract: The article has discussed the possibilities of magnetometry (magnetic prospecting) for mapping shear-fault fractures and the regularities of their separation in a magnetic field. Geological-tectonic preconditions of occurrence of fractures and their significance are represented as mine control structures. Especially shear-fault fractures, in addition to mechanical changes in the domain structure of the environment, lead to disorientation of the magnetic moments of the domain and reduction of the magnetic moment. As a result, the intensity of the geomagnetic anomalous field decreases to a certain extent in the fracture zone, which is sometimes impossible to record during the magnetic survey, especially when the disturbance occurred in the area of complex sedimentary rocks with weak magnetism. The solution to this problem, especially in the folded region, is possible by the presence of a magnetically active horizon with a steep slope (basic dykes, magnetite sandstones, etc.), which has undergone a shear-fault rupture. The article presents the shear-fault type fractures detected by geomagnetic studies in the Lisagore mineral field of AR. These fractures are expressed in several sliding episodes of the magnetically active horizon of the argillites with sandstone interlayers, which is also described in the geological map. The argillites themselves do not have magnetic properties, so their magnetic activity is explained by the presence of magnetite sandstones thin interlayers, which are described by a series of high-intensity linear anomalies of T field that are interrupted and deviated from each other by the magnitude of the amplitude of the slide at the fracture sites.

Keywords: Tectonic fracture; Shear-Fault; Magnetometry; Magnetic anomaly

1. 引言

构造断层是地震体位移的结果, 在此期间, 岩石中出现裂缝、裂隙和位移。构造断层被认为是地球的一个巨大断裂, 具有足够大的深度分布、显著的长度和宽度。

断裂断层是岩石完整性的未移动 (无裂缝) 断层带, 沿断层线有水平或垂直位移。断裂可能发生在同一岩石内, 并表示为断裂带, 没有形成次生矿物, 这将在磁场结构中用较低的 ΔT 值表示。随着热液流体的进入, 可以形成新的铁磁

矿物, 因此, 这些断层将在磁场中以增加的 ΔT 值表示。

如果断裂伴随着质量位移——反转 (上升) 断层、断层、剪切断层等, 则在前两种情况下, 根据磁活动层的位移幅度, 磁场将由异常强度的突然变化表示。在第三种情况下, 具有线性分布的磁活动层 (如堤坝、垂直层等) 将根据剪切断层的振幅在线性异常轴上发生偏移。

地磁场中的构造断层通常以 ΔT 线性异常的形式出现, 其具有相当大的线性分布和狭窄的区域, 或具有正异常链的

外观,以及磁异常轴分布方向的变化-方位角变化。断裂还与 ΔT isolines 的凝结(梯度位置)、磁性岩石出现深度的突变以及 ΔT 异常轴的断裂偏差有关^[1-4]。

由于断裂带是热液流体通道和成矿带,因此,矿区内各种形式的断裂通常被视为控矿构造。不同方位角的断层在矿区内相交,其相交的空间面积更好且裂缝密集,成为热液流体运动的最有利路径和矿床聚集的有利场所。因此,裂缝测绘在地质和地球物理研究中非常重要^[5-7,11]。

就断层型断裂带的结构而言,构造演化研究被认为是地质调查的重要组成部分。关于断层型构造的各个方面的数量众多,并且对其进行导航是具有挑战性的。这些研究应被视为结构、运动学和断层带演化复杂数据范围内的一种指南^[8]。

2.问题陈述和解决方法

本工作的目的是绘制 AR Lisagore 铜矿场的地磁场断裂及其分布特征。为了实现既定目标,选择了以下地磁测量方法和技术。

在 Lisagore 铜矿现场进行了磁勘探,以 1 km^2 的面积进行了空中(地面)勘测。由于测量区域为矩形($1500 \times 700 \text{ m}$),因此由三个(M1、M2、M3)裁判官将其固定在地形上。裁判官们沿着场地延伸的边界和中心地带进行。裁判所之间的距离为 350 米,场地的宽度为 700 米。裁判所的点用标记木桩固定在该位置,木桩之间的距离保持在 50 米。该距离也被选为剖面间距离,用于磁性和其他研究。磁强计监测剖面具有 45° 方位角,从场地边界内的 M1 裁判所开始(PK 1),到 M3 裁判所结束。剖面上的磁力测量速度保持在 10m,即剖面方向的比例为 1:1000,垂直方向的比例是 1:5000。剖面的比例和方位角的选择取决于地质构造的大小及其扩展方向。

调查区地形相当复杂,被不同高度和深度的分水岭和峡谷所交叉,地形坡度达到 $40^\circ - 50^\circ$ 。

尽管救济工作困难,道路严重短缺,但调查仍以要求的精度进行。也就是说,剖面的平行度和“普通点”之间 10m 的计划距离得以保留。在一些情况下,当绕过无法逾越的障碍物(深峡谷、陡峭的悬崖等)时, GPS 会记录未轮廓点的坐标,这些坐标后来被用于编制地图。

为了确保测量的预期精度,在现场外的沉积复杂岩石上设立了一个检查点(CP),现场值($T=48600 \text{ nT}$)接近该区

域的正常现场值($T=48650 \text{ nT}$)。剖面开始和结束的 M1 和 M3 裁判所,作为剖面与 M2 裁判所的交叉点,通过多次磁场测量连接到 CP 作为基础网络。这种基础的创建允许测量中高精度的测量,以及由单个剖面检查的双重测量现场数据。

电磁场全矢量的绝对值以纳米特斯拉(nT)为单位测量。测量使用 Geo Metrics 制造的 G-826 质子磁强计进行,精度为 $\pm 1 \text{ nT}$ 。测量后,计算出的均方误差为 $m = \pm 7.5 \text{ nT}$,这允许将超过 25 nT 的磁场变化视为异常。根据每日磁场变化调整测量值^[1, 2, 15]。

根据磁测结果^[15],列出了地磁感应 T 等动线的 2D、3D 和图解图,这些图由 Golden Surfer 程序 M1:100000 比例尺组成。

如等动力线图(第 1 页)所示,在场地的北部和西北部, T 场的正异常固定在 100 nT 到 1000 nT 的强度。从该区域的西北部到东南部以及北部和南部描述了正高强度($500 - 1000 \text{ nT}$)场异常。

在现场南部描述的正异常范围内,记录了一个大的异常区域, T 场减小或 ΔT 场负值,负异常的强度变化($-500 - 1000 \text{ nT}$):这些异常也在三维等动力线图和 T 图中描述(图 2 和图 3)。

根据场地的地质结构,与地磁场平均强度相关的正异常受中间和基性安山岩斑岩及其岩脉和凝灰岩以及氧化凝灰岩角砾岩和常规“磁性”砂岩的制约,根据地质图(图 4),以夹层的形式出现在卡洛维粘土岩的组成中,并可导致正的高强度异常。在沉积岩复合体、构造断裂带以及热液蚀变和矿化岩石区域内,应预计 T 场值降低的异常。这些岩石也存在于研究区域, ΔT 负异常应与热液和交代蚀变岩石的扩展有关。蚀变岩的存在可以通过嵌入的火成岩块和热液通过构造裂缝的运动来解释。在热液流体的影响下,这些岩石大多为高岭土化、硅化和黄铁矿化^[9-15]。

2D 和 3D 等动力学图以及图解图中描述的正线性异常在结构上起着重要作用。特别是,假设异常的原因可能是磁岩脉或磁铁矿沉积层(砂岩)的存在,在褶皱过程中,这些层几乎垂直下降,并受到各种断裂断层(反向(向上)断层、断层、剪切断层)的影响,这些断层记录在地磁场结构中。应该注意的是,在地质图上,剪切断层型断裂仅由两个这样的断层描述,而在地貌领域的地图上至少有七个这样的断裂,这是因为该地区覆盖着年轻和新近的沉积物,这使得无法用地质方法记录它们。

顺便说一句，线性正异常的强度从西北向东南逐渐降低，从 1000 nT 降至 500 nT，这可以通过磁层容量或其安装深度的增加来解释。对这些异常现象的定量解释证实了这一点。

位置从西北到东南的深度从 9-10 米增加到 17-18 米。这种现象有一个地形解释，即异常的来源，磁层，位于山坡上，位于山坡顶部的西北方向，而在东南方向，则一直延伸到山脚；自然，洪积沉积物的容量也会发生这样的变化。

图解图（图 3）上描绘的断层线是用上述命题绘制的，即通过磁层及其不整合面的偏差绘制的。场地北部的分离断层从东北向西南传播，南部记录的断层呈东南-西北传播，与火成岩的传播一致^[15]。

顺便说一句，在断层的中间区域，观察到磁场的异常减少，而在南部地区，观察到了高强度的负异常，这是由于存在具有不同方位角的断层连接。通过磁力调查确定的断裂带可能是热液循环路径，最终可能是一个产矿带。

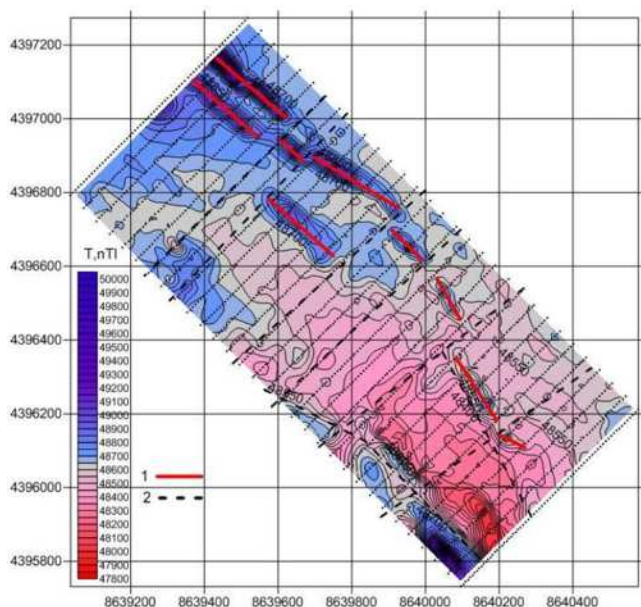


图 1.T、nT2D 等动力线图，M 1:10000; 1 - 线性异常轴，2 - 分离裂缝。

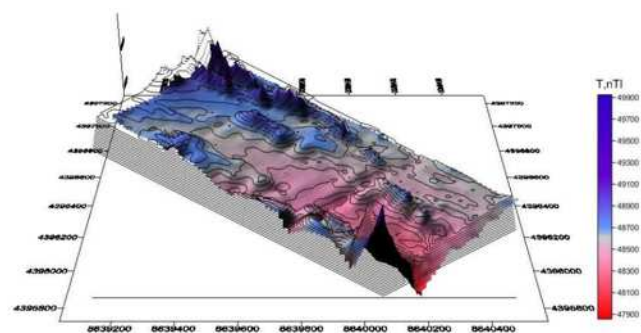


图 2.T, nTl 三维动力学线图，M1:100000。

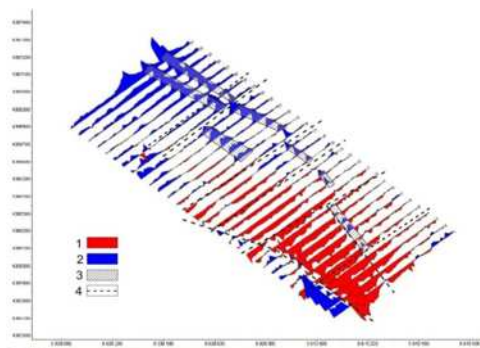


图 3.ΔT, nT 图, M1:100000; 1-ΔT 负值, 2-ΔT 正值, 3-«磁铁矿砂岩», 4-断口。

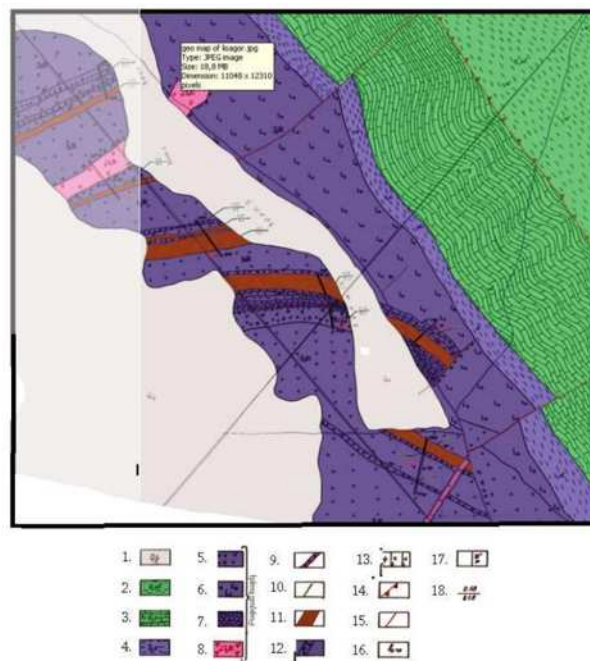


图 4.利萨戈尔铜矿床地质图，1:10000（由 S.V.Voskanyan 绘制）。

1. 近期沉积物——残积、坡积（壤土、壤土、粘土、砂等）。
2. 阿尔卑斯阶段：灰蓝色破碎泥质岩，含片状粘土砂岩。
3. 瓦朗吉尼欧特里夫阶：硅质破碎石灰岩。
4. 卡洛夫阶：泥质岩夹砂岩夹层。浴室阶段：5. 安山岩斑岩及其凝灰岩。
6. 安山岩-英安岩-熔岩角砾岩为强硅质和绿帘石化。
7. 凝灰岩砂岩——硅质、钙质化，轻度氧化。
8. 高度破坏的次火山灰岩英安岩。
9. 安山岩斑岩岩脉。
10. 夸图兹矿脉。
11. 用铜氧化物（孔雀石、天青石、硫铜矿等）矿化的热液蚀变（石英、钙长石、绢云母化）岩石。断裂带岩石（硅质、角砾化、钙质化、氧化）。
13. 1). 石灰化，2)。夸图兹，3)。加奥利尼亚德。
14. Berdzor Galik 深层断层。
15. 断裂。
16. 勘探通道及其编号。
17. 事件要素。
18. 铜含量（%）/宽度（米）。

3. 结论

总结磁勘探的结果, 我们可以得出结论, 正 T 场异常主要是在未改变或轻微改变的火成岩分布范围内, 以及磁活动的岩脉状地质构造上获得。负异常与断层和断层带以及火成岩和热液蚀变岩分布的接触相一致。

在磁场中, 裂缝被记录为线性分布的正异常, 其轴向扩展方位角因磁活动岩脉而改变, 或磁铁矿沉积层的裂缝在褶皱期间垂直下降 (反向 (向上) 断层、断层、剪切断层), 记录在地磁场结构中。我们认为, 本文的结果适用于具有类似地质结构的地区, 对于绘制剪切断层型断裂, 磁力测量被认为是一种有效的方法。

参考文献

- [1] Grinkevich G. I., Magnetic exploration, Moscow, Nedra, 1987, 248p.
- [2] Logachev A. A., Zakharov V. P., Magnitorazvedka. L. Nedra, 1979, 351 p.
- [3] Magnetic prospecting: Handbook of geophysics./Under. Editor V. E. Nikitisky and Yu. S. Glebovsky.-M.; Nedra, 1980.
- [4] Khmelevskoy V. K. Geophysical methods of research of the earth's crust. International University of nature, society and man, Dubna, 1999, 203p.
- [5] Gabrielyan A. A., Sarkisyan O. A., Simonyan G. P., Seismotectonics of the Armenian SSR. YSU, Yerevan, 1981, 283p.
- [6] Nazaretyan S. N., Durgaryan R. R., Shakhbekyan T. H., Grigoryan A. G., Mirzoyan L. B.- Regional faults of the territory of Armenia according to geophysical data and their seismicity. Yerevan 2015, Gitutyun, 183p.
- [7] Nazaretyan S. N., Mikaelyan E. M., Mirzoyan L. B., Fault systems and tectonic active regional faults in the territory of Armenia, Bulletin of the Mining University of Ukraine, N11, 2007, pp. 34-37.
- [8] Tevelev Ark. V. Shear tectonics. M.: Publishing House of Moscow. un., (2005), 254p.
- [9] Physical properties of rocks and minerals. (Petrophysics) Handbook of geophysics. /Under. Ed. N. B. Dortman, - M., "Nedra" (1992), 391p.
- [10] Kishnarev I. P., Methods for studying fractures. Nedra, Moscow, 1977, 248 p.
- [11] Kuznetsov N. S, Filatov V. P, Savelyev V. P, Tectonophysical analysis of geophysical fields; Application experience in geological surveys; Proceedings of the Ural state mining and geological academy, series; Geology and geophysics, 2000, N10.
- [12] Strakhov V. N, Methods of interpretation of gravitational and magnetic anomalies. Perm, Perm University, 2004.
- [13] Markosyan G. V. Spatial paleomagnetic anisotropy of geological environment (Monograph), LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019, p. 114.
- [14] Avchyan G. M., Markosyan G. V. Connection of the direction of destruction of rocks with paleomagnetic layering, Izvestiya AS Arm. SSR, Earth Sciences, N6, 1988.
- [15] Markosyan G. V. Report on geophysical works carried out at the Lisagore copper mining site of the NKR, Stepanakert, Fund of the "Future Generations" Foundation, 2015, 60 p.