

北山荒漠戈壁浅覆盖区萤石矿定位技术研究

刘诚^{1,2)}, 杨凯¹⁾, 唐卫东¹⁾, 贺景龙¹⁾, 薛东旭¹⁾, 李含¹⁾

1) 中国地质调查局西安矿产资源调查中心, 西安, 710100;

2) 中国地质大学(北京)地球物理与信息技术学院, 北京, 100083

关键词: 隐伏萤石矿; 综合物探方法; 戈壁荒漠; 北山成矿带

我国的西北部地区, 特别是东天山—北山成矿带中新生界覆盖区广泛分布, 仅戈壁、沙漠覆盖区就占据了全国陆地总面积的 12.3%。随着东部矿产资源的开发程度日益提高, 西北部大面积的戈壁荒漠浅覆盖区有望成为有利的矿产资源接替基地。因此, 在戈壁、沙漠等中新生界覆盖区开展矿产综合定位预测工作是当前形势下最佳的选择之一。

针对隐伏萤石矿的成矿预测研究仍显薄弱, 由于萤石物性特征差异不显著, 近地表矿体规模有限且多呈脉状分布, 因此其勘查技术方法的研究多集中于地球化学及遥感解译。目前尚未出现针对隐伏萤石矿较为突出的地球物理探测成果。然而, 萤石矿的深部定位预测十分重要, 因为已知的大型—超大型萤石矿床其深部形态与近地表露头存在显著差异, 深部含矿潜力较大, 需要具备穿透性的物探手段提供覆盖层下方萤石矿赋存位置的有效信息(汪青松等, 2021)。

1 浅覆盖区萤石矿综合定位预测技术体系

基于综合地球物理探测的荒漠浅覆盖区萤石矿定位预测主要包括 3 个层次的问题。首先, 确定萤石矿可能的赋存位置, 即寻找可能赋存萤石矿的隐伏控矿断裂构造。其次, 对赋矿有利部位的含矿潜力进行判别。最后, 对萤石矿脉的深部形态和展布进行定位探测, 并建立可靠的地质—地球物理模型。

1.1 浅覆盖区萤石矿赋存部位探测技术

萤石矿控矿断裂的预测是首要考虑的问题。结合前人研究, 应用地面高精度磁法和激电中梯、甚

低频电磁法等可通过识别异常展布有效确定赋矿有利部位。在戈壁荒漠区, 由于无人文、电磁干扰, 可在近地表获得高质量的磁法数据。石英脉和萤石矿脉磁性较弱对应低磁异常, 而围岩则表现出较强的磁性和正磁异常。

激发极化法主要基于萤石矿脉赋存于断裂/裂缝中的低电阻率特征这一物性基础开展的。前人在萤石矿探测中经常应用类似的甚低频电磁法(VLF-EM)。通过探测地下不同的地质体的电阻率, 进而确定岩性形态和边界。地质体电阻率受岩石成分、结构、孔隙度和含水量的综合影响, 但通常断裂带由于地下水蒸腾作用含水量较大或存在金属矿物/硫化物富集, 其电阻率小于完整致密岩石, 故激电方法能够有效地用于识别断裂等构造薄弱部位。

1.2 浅覆盖区萤石矿含矿潜力探测技术

在确定区域萤石矿可能赋存部位基础上, 可以利用伽马总量测量、便携式 X 射线荧光分析等快速便携技术手段以及槽探予以揭露, 对基于综合地球物理探测推断的萤石矿可能赋存位置进行含矿性评价。这些技术手段能够快速、准确地获取关于萤石矿分布和含量的信息, 为后续的矿产资源开发和利用提供重要的参考依据。

1.3 浅覆盖区萤石矿含矿潜力探测技术

上述方法主要针对隐伏萤石矿体平面展布的预测研究。由于萤石矿的赋存空间与断裂构造密切相关, 常规地面方法难以判断其在深部的产状变化。另一方面, 在深部断裂破碎带扩容空间内, 易形成高品位萤石主矿体的膨大部分。

电磁勘探方法在矿产勘查中发挥着不可替代的作用。它利用较高频率的电磁信号进行地下电性结构探测, 为深部隐伏矿体和复杂构造地区矿床的

注: 本文为陕西省自然科学基金研究计划项目(编号: 2023-JC-QN-0365), 中国地质调查局项目(编号: ZD20220305、DD20211552)的成果。

收稿日期: 2023-12-18; 改回日期: 2024-02-05; 责任编辑: 费红彩。DOI: 10.16509/j.georeview.2024.s1.040

作者简介: 刘诚, 男, 1990 年生, 博士研究生, 工程师, 现主要从事矿产资源及深部地球物理探测工作; Email: liuchengHJ@163.com。

勘查提供了大量的电性信息（刘诚等，2022）。在戈壁沙漠地区，由于人为电磁干扰较小，通过有效降低接地电阻可以很容易地获得良好的数据。经反演得到的电阻率分布可以转化为与岩石电阻率相关的岩性单元。

2 讨论

在戈壁荒漠浅覆盖区开展工作，由于近地表覆盖层的屏蔽，各类技术方法均存在一定程度的影响。因此，探讨兼顾应用效果与可操作性的技术组合以定位预测受断裂控制为主的隐伏萤石矿赋存位置的研究具有重要意义。不同物性基础的技术方法具有差异化的特点和应用限制条件，因此需要根据具体情况选择合适的技术组合来进行研究。

针对萤石矿赋存部位探测环节，本次研究主要采用了地面高精度磁法和激电中梯。同时参考了遥感影像，虽然其可快速获取区域大型断裂位置及规模，但由于地处在浅覆盖区的北山成矿带通行条件较好，可通过现地工作予以确认，故遥感影像多在前期提供指引。对于浅覆盖区矿体赋存位置的断裂/裂隙探测仍需以具备穿透性的物探手段为主。

地面高精度磁法应用效果对萤石矿围岩有一定选择性，在岩浆岩为围岩的情况下效果较好，但沉积岩作为围岩时则物性差异有限，效果不够显著。激电中梯则由于其对具备联通性的低阻异常较为敏感，较好反映了萤石矿可能赋存的断裂构造，前人研究较多使用的 VLF 其信号强度弱，相较于激电方法异常不够显著（张参辉等，2022），萤石矿与硫化物关联程度低，极化率异常不显著，但激发极化法提供的电阻率仍是有效的找矿手段。

与之类似的电磁测深可以提供一公里范围内的深部电阻率结构，特别是合理利用其高频段数据可经济快速完成对一定区域三维电性结构特征的构建。进一步结合对赋矿有利部分含矿潜力的评价可实现较好的工程验证效果。

萤石矿含矿潜力的探测一直是研究的难点。从已知的物性基础来看，萤石矿规模较小且各项物性差异均有限。为了提高预测的精准度，我们采用了

地面伽玛总量测量和 X 射线荧光分析两种方法。然而，这两种方法都受到地表覆盖层厚度的影响。在研究区的南北两侧厚覆盖区，无论是地面伽玛总量还是 Ca 元素的含量，都表现出稳定的低值异常。

结合本次研究的验证成果，我们发现萤石矿体充填于地层裂隙/破碎带中，形成了低放射性异常的找矿标志。但南北两侧的放射性低值异常并不指示含矿潜力，因为覆盖层下方并未探测到萤石矿赋存的断裂、裂隙等有利部位。虽然地面伽玛总量测量对于萤石矿赋存位置具有独特的指引意义且操作简便，但引起放射性异常的因素较复杂，需要结合其他方法前期推断出的有利赋存位置进行综合判断。

3 结论

X 射线荧光分析可以有效地提供 Ca 含量，是判断隐伏断裂赋矿潜力的直接证据。但值得注意的是，由于目前技术手段尚不能测定 F 元素的含量，因此在高钙背景地区，其准确性和可靠性可能会受到外来冲积泥沙或漂移荷载的影响。因此，需要结合地质调查和前期对于赋矿有利部位判断的其他技术手段成果进行综合分析。

参 考 文 献 / References

- 刘诚, 李含, 孙彪, 叶高峰, 郝子琼, 薛东旭, 邓安东. 2022. 西秦岭寨上金矿综合地球物理研究. 地质论评, 68(2): 658~672.
- 汪青松, 张金会, 张顺林, 张家嘉, 产思维, 程培生, 崔先文, 张凯. 2021. 厚覆盖区找矿“循环渐近式勘查 技术体系”与应用. 地质论评, 67(4): 1129~1146.
- 张参辉, 李水平, 白德胜, 程华, 曹杰, 张爱玲, 孙进, 赵华奇. 2022. 时间域激电法在浅覆盖区萤石矿勘查中的应用——以河南省方城县铁炉萤石矿床为例. 地质与勘探, 58(2): 369~380.

LIU Cheng, YANG Kai, TANG Weidong, HE Jinglong, XUE Dongxu: Study on the locating technique of fluorite deposits in desert Gobi shallow covering area of Beishan metallogenic belt

Keywords: hidden fluorite ore; comprehensive geophysical method; gobi desert region; Beishan metallogenic belt