

激电中梯与测深方法在黄土干旱地区矿产资源勘查中的应用探索

全礼¹, 廖良¹, 张姚²

¹中国地质调查局西安矿产资源调查中心(技术方法室), 陕西 西安

²中国地质调查局西安矿产资源调查中心(境外地质调查室), 陕西 西安

收稿日期: 2024年8月3日; 录用日期: 2024年10月14日; 发布日期: 2024年10月30日

摘要

文章深入探讨了黄土干旱地区利用激电中梯与测深技术在矿产资源勘查中的实际应用, 分析地形特征对矿产勘探的具体影响, 并提出了几种解决策略以优化勘查效果。文章通过理论论述, 阐明了技术创新在促进矿业发展方面的重要性, 并对未来可能的研究方向进行了展望。文章的结论强调通过技术创新和策略调整, 显著提升黄土干旱地区矿产资源勘查的精度和效率。

关键词

激电中梯法, 测深技术, 黄土干旱地区, 矿产资源, 技术创新

Exploration of the Application of Induced Polarization Gradient and Depth Measurement Methods in Mineral Resource Exploration in Loess Arid Areas

Li Quan¹, Liang Liao¹, Yao Zhang²

¹Xi'an Mineral Resources Survey Center of China Geological Survey (Technical Methods Department), Xi'an Shaanxi

²Xi'an Mineral Resources Survey Center of China Geological Survey (Overseas Geological Survey Office), Xi'an Shaanxi

Received: Aug. 3rd, 2024; accepted: Oct. 14th, 2024; published: Oct. 30th, 2024

文章引用: 全礼, 廖良, 张姚. 激电中梯与测深方法在黄土干旱地区矿产资源勘查中的应用探索[J]. 地理科学研究, 2024, 13(5): 948-952. DOI: 10.12677/gser.2024.135090

Abstract

This article deeply explores the practical application of induced polarization gradient and depth measurement technology in mineral resource exploration in loess arid areas, analyzes the specific impact of terrain characteristics on mineral exploration, and proposes several solutions to optimize exploration results. The article clarifies the importance of technological innovation in promoting mining development through case analysis and theoretical discourse, and looks forward to possible future research directions. The conclusion of the article emphasizes that through technological innovation and strategic adjustments, the accuracy and efficiency of mineral resource exploration in loess arid areas can be significantly improved.

Keywords

Induced Polarization Gradient, Depth Measurement Technology, Loess Arid Region, Mineral Resources, Technological Innovation

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

文章的研究主题聚焦于激电中梯与测深方法在黄土干旱地区矿产资源勘查中的应用，重点探讨了激电中梯与测深方法在该特定环境下的有效性及其潜在的技术改进。黄土干旱地区由于独特的地质构造和气候条件，给矿产资源勘查带来了诸多挑战，而激电中梯与测深方法正是应对这些挑战的重要工具，文章主要目的是通过对该区域矿产资源勘查现状的分析，找出应用这些技术过程中存在的具体问题，提出相应的优化策略，如调整极距、提升设备功率和辅助技术的应用等，以提高勘查的精度和效率。通过此类方法的应用探索，不仅有助于丰富现有的地球物理勘查手段，也为类似环境中的资源开发提供了重要的实践依据，本文将进一步分析这些技术的创新性及未来发展趋势，强调技术进步对矿产勘查的关键作用。

2. 背景介绍

2.1. 黄土干旱地区矿产资源概述

黄土干旱地区占我国大陆相当比例的广袤土地，从黄金、银等贵金属矿产资源到有色金属如铜、铅和锌，再到非金属矿如石灰石、石膏，这片大地以其独特的地质结构成为多样矿产的聚集地。黄土高原地质年代跨度巨大，复杂的地层交错堆积，记录了亿万年的地质变迁。这些地层中尤以第三纪和第四纪的沉积物最为丰富，其中不乏含矿层系。诸多研究表明，黄土层自身就是一种潜在的石油和天然气的来源岩，而第四系下伏的古老地层更是矿物资源的宝库，例如位于陕西省某地的地层中发现的露天煤矿，便是在进行深层勘探时意外发现的。这些资源的分布并不均匀，加之受古地理环境和现今气候的共同影响，其勘探与开采面临重重困难。

2.2. 激电中梯与测深方法的应用现状

在黄土干旱地区进行矿产资源勘查时，尽管激电中梯技术能精确揭示深层地质结构特征，然而在广

袤且地形复杂的黄土高原，它的有效实施受限于若干因素，例如地表的极端干旱状况降低了地层间的导电性，导致数据解读上的歧义。因此技术的应用需结合地域特性进行调整，增设校准点和多角度观测方案，确保数据的可靠性和解读的精准性。

从测深方法的角度看，技术实施时通常需考虑到黄土层的独有属性，该方法通过测量声波或电磁波在不同介质中的传播速度差异，达到探查地下结构的目的。在黄土地区，测深结果有助于指导地质钻探位置的选定，避免无效的钻探成本。对于这种技术，每个地质体的响应特性提供了矿体定位的初步线索[1]。然而由于黄土层本身的非均匀性和易受气候影响的特性，使得测深数据有时存在较大的变异性。因此需要在数据收集和解析过程中引入高级统计和地质建模技术，以提高预测的精度和实际应用的效果。

2.3. 地下碳层的影响

黄土干旱地区的问题，碳层本身具备较高的电导率，这一特性使得电流易于在此类地层中迅速传递与分散，形成了一个低阻抗通道，这导致正常的电阻率对比变得模糊，使得地下水、矿石等其他具有不同电性的地质体较难通过常规的激电中梯法被清楚辨识出来。在具体操作上，当电流通过含碳地层时，其频繁的能量损失及信号衰减问题，严重干扰数据的准确性和可靠性[2]。这种情况造成的影响是，传统的电法解释模型在此类地质背景下显得力不从心，常规的评估与解析策略需要重新定位与优化，而且黄土地区约 200 米处有碳层导致常规激电中梯无法击穿，还可能引起数据误读，如假的正异常或负异常，进而影响最终的地质判断与矿产预测。

3. 黄土干旱地区矿产资源勘查中存在的问题

在黄土干旱地区进行矿产资源勘探时遭遇的挑战涉及地质结构与地表环境的复杂性，特别是激电中梯技术和测深方法的应用局限性，由于极端干旱条件，卓越的导电层间隙通常极低，削弱了电法探测的有效性。当地层电导率较低时，激电中梯方法对深处地质情况的准确揭示能力受限，数据解释多存歧义，引起钻探位置和深度选择的高风险决策。测深技术虽然纳入声波和电磁波的传播速率来追踪地下结构，但黄土层的非均质性以及容易受气候影响的特性，使得这一方法的数据解读存在不小的波动，经常需要依赖高阶统计和建模方法来精确勘探定位，尽管如此，其结果仍无法满足所有地质预测的精确需求。

另一方面，碳层由于其高导电性，需要创建一个快速的电流传递通道而改变常规的电阻率对比，这使激电中梯法难以区分含水层或矿石等具有不同电性的地质体，更可能引发数据的错误解读，如产生假的异常信号。这种环境下的操作复杂性需求开发更为精细化的电法解释模型与评估策略。由于碳层的干扰，常规的勘探技术难以直接适用，需要结合多源数据和先进的地质解析工具，促使勘探活动能够真实反映地下资源的部署与构造特征，而这一过程中的技术优化和方法调整会增加勘探的复杂性和成本。

4. 黄土干旱地区矿产资源勘查的解决方法

4.1. 调整极距策略

极距作为地电阻率探测中电极间的距离，直接影响测量数据的深度和广度，扩大极距能有效增加探测的深度，从而触及更深层次的矿产资源，这对于资源较为丰富但分布不均的黄土高原地区尤为重要。然而传统的极距调整方法在面对特定地质结构，如碳质板岩层时，往往力不从心，因为增加极距虽扩大了探测范围，但在电流穿透性方面却无法有效突破碳质板岩的高电导特性。

针对此问题，可以引入脉冲电流技术，该技术能够产生瞬时强大的电流冲击，这种短时高强度的电流可以更深入地穿透地下结构，在碳质板岩这类具有较高电阻率的岩层中创建有效的电电路径，这一技术的应用能够增强探测的深度，提高对复杂地质结构的适应能力，使得地电阻率测量在黄土干旱地区的

矿产勘查中更加准确和有效。很多的探测案例已经表明，这种结合脉冲电流的极距调整策略已在提高碳质板岩分布区探测准确率方面显示出显著的优势，为地下资源的准确评估和有效开发提供了新的思路和方法。

4.2. 提升设备功率

在进行激电中梯与测深方法矿产资源勘查时，20 KW 的发电机能够发出较强烈的电流，改善了电流在地面以下的传播质量，尤其是跨越高阻抗层，如黄土下覆盖的碳层结构。在这种条件下，加强的电流能穿透较深的地层，在接收的电信号中获得更加清晰的图像[3]。这种提升能够使得数据的分辨率和可靠性得到显著改善，由此探获那些以往因为技术限制而无法接触的深层矿产资源，例如通过强化后的激电方法，可以更精准地定位隐藏在较深地层的矿体，从而为开采提供更加精确的数据支持。

此外，增强的功率不仅提升了穿透力，还有助于地质结构的多维度解释，较高的功率能允许电极间距适度增加，这样能够拓展探测区域范围，同时保持数据的精确度不受影响。这种调整允许以更广阔的视角和更深入的理解探索地下的秘密，最大化的资源识别与利用。因此当探测设备的发电机功率增至 20 KW，其对黄土干旱地区的勘探具有重要的战略意义，这在很大程度上可以提升效率和效果，也为地质勘探的未来发展打开新的可能。

4.3. 辅助技术的应用

在采用激电中梯与测深方法探索黄土干旱地区的矿产资源时，地震波法依赖于不同地质介质对地震波速度和振动方式的响应差异进行分析，在黄土地区因其特有的干燥且疏松结构导致普通地震波探测技术往往受限，此时增添新式的数据处理算法和更灵敏的地震仪器便显得尤为必要[4]。将改良后的地震波法与电法测深相结合，可以强化地层结构的识别能力，例如在检测到连续的广泛地层和小断层时，地震波法可以提供快速的地层速度对比，而电法则赋予了寻找低阻抗带(可能含矿)的能力。

重力测量作为一种非侵入性地质勘查技术，通过测定地表各点的重力场变化，描绘出地下密度分布的细节，这项技术能够指示出地下密实矿物与周围疏松结构之间的微妙差异，结合重力数据和激电法的结果，能够推断出大范围的地质构造，还能细化到特定的矿体位置，尤其是那些隐藏于黄土下的重金属矿藏[5]。通过高级的数据整合和三维建模，这种交叉验证的策略大大提升了预测的可靠性，节约了时间，并减少了勘测过程中的无效工作。

5. 技术创新及发展趋势分析

5.1. 技术创新的重要性

黄土层下蕴藏着丰富的资源，但同时其独特的地质结构和地下碳层对电信号造成的阻碍极大地增加了探测的难度，在这样的背景下传统的探测方法往往效率低下，无法充分发挥其应有的作用。实践证明唯有通过不断的技术创新，才能确保探测作业能以更高的精度和效率进行[6]。技术创新尤其是在探测设备、数据处理算法等方面的创新，能够有效提升对于黄土下矿产的识别能力，进而降低勘探风险，提高资源利用率。

面对地下碳层对电信号传播的干扰，新型传感器的研发和引入、复杂数据处理算法的应用使得即便在电信号受到干扰的环境中，也能获得清晰的地下影像，显著提高透过黄土层的勘探深度和准确性。精细化的技术迭代与优化，为透视黄土下隐秘的矿产资源提供了可能，例如对特定频率范围内的电信号增强和对数据的多维处理[7]。而且新技术还能帮助我们在更短的时间内处理和解析更大量的数据，这种效率的提升无疑缩短了矿产勘探的周期，为资源的开发争取了宝贵的时间[8]。因此技术创新不仅解决了传

统方法难以克服的障碍，还为矿产资源勘探领域带来了革命性的进步。

5.2. 未来发展方向

随着科学技术的进步，激电中梯与测深方法在提升勘探精度和效率方面具有前所未有的潜力，通过对这些技术的不断优化，结合先进的数据处理和解释算法，勘查过程将更加精准地定位矿体，同时降低对环境的影响。研究与开发全新的探测仪器和设备，特别是那些能够在极端干旱和复杂地质条件下使用的，将成为行业的重要发展趋势[9]。

面对黄土地区特有的地质特征，采用综合地球物理探测方法，如将激电中梯与测深方法与其他地球物理、地质、遥感技术相结合，能够提供更全面的地下信息。这种多学科交叉的勘探策略，旨在建立更为完善的地质模型，从而提高勘探的成功率[10]。随着计算机技术和人工智能的发展，利用大数据分析和机器学习算法对勘查数据进行高效处理和解释，将成为提升矿产资源勘探水平的关键[5]。这种方法可以缩短勘查周期，还能在复杂地质背景下识别微弱的地球物理异常，揭示深藏的矿产资源。未来发展将重视这种技术融合的成效，以适应勘探任务的日益复杂化和对环保的日益严格要求。

6. 结论

综上所述，本研究深入探讨了激电中梯与测深方法在黄土干旱地区矿产资源勘查中的挑战与解决方案，揭示了该地区地质探查技术的应用现状及面临的问题。通过分析激电中梯法和测深技术在复杂地质环境下的局限性，本文提出了一系列调整策略，包括调整极距、提升设备功率及借助辅助技术，这些方法都能够在一定程度上优化数据的准确性和可靠性。然而针对碳层的高电导率所带来的特殊挑战，传统工具和方法需要进一步创新以适应地层特有的电性变异。展望未来，随着地球物理勘探技术的发展，结合地质模型的深化和电探测方法的精细调校，矿产资源勘查将更加精确地映射地质结构和资源分布。值得注意的是，技术发展应着重强调对地下复杂结构的适应性和环境变因的敏感度，以免造成资源勘探过程中的误判。未来研究可以更多地集中于多学科交叉合作与数据集成分析，为黄土干旱地区的矿产勘探带来更多突破性进展。

参考文献

- [1] 李敏. 地物化综合找矿方法在青海和洛佳地区金多金属矿勘查中的应用[J]. 矿产勘查, 2018, 9(3): 477-484.
- [2] 王明. 激电中梯测量在金矿普查中的应用[J]. 中国金属通报, 2023(3): 110-112.
- [3] 马健, 刘雪元, 程长厚, 等. 激电法在硫铁矿勘查中的应用[J]. 四川地质学报, 2022, 42(4): 682-685.
- [4] 吕翔. 浅谈激电中梯及激电测深物探方法在地形复杂、切割剧烈地区的实用性[J]. 世界有色金属, 2022(15): 226-228.
- [5] 吕晓宇, 张健. 激电方法在银铅锌矿外围找矿的应用[J]. 世界有色金属, 2022(8): 71-73.
- [6] 潘语录, 谢小虎, 赵平, 等. 激电中梯与激电测深法在多金属矿勘探中的物探响应特征研究与矿化异常圈定——以青海省都兰县沟里乡南多金属矿为例[J]. 科技创新与应用, 2024, 14(19): 90-94.
- [7] 郗昭, 陈攀, 娄汉生, 等. 激电中梯和测深在柳树湾金矿勘查中的应用研究[J]. 世界核地质科学, 2024, 41(3): 550-559.
- [8] 李忠, 张小兵, 黄钊, 等. 激电中梯及音频大地电磁测深(EH4)在镇雄银厂湾铅锌矿区勘查中的应用[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2023, 45(S1): 22-29.
- [9] 李玉强, 黄雪林, 郑晓旭, 等. 激电中梯与音频大地电磁法在四川宁南某铅锌矿勘查中的应用[J]. 世界有色金属, 2022(15): 121-123.
- [10] 李忠平, 李学军. 地面-坑道激电测深方法在山东玲珑断裂带深部找矿中的应用[J]. 地质与勘探, 2020, 56(4): 783-791.