综合物探技术在地质矿产勘查中的应用

路诚飞

四川川煤第六工程建设有限公司　吉林　长春　130000

摘　要：综合物探技术并非单一物探方法的简单叠加，而是多种技术的有机融合与系统整合，通过多参数协同探测整合地质信息，弥补单一技术局限，显著提升勘查结果的可靠性。本文阐述其核心内涵、常用方法及应用流程，分析该技术在金属、能源、非金属及深部矿产勘查中的具体实践，剖析应用中的各类问题，提出优化措施与标准化建议，为地质矿产勘查高效开展提供技术参考，助力矿产资源精准勘探与合理开发。

关键词：综合物探技术；地质矿产勘查；应用

引言：地质矿产勘查是矿产资源开发利用的重要前提，直接关系到国家资源安全与经济社会高质量发展。传统单一物探方法存在探测深度不足、多解性突出、适配性差等问题，难以满足复杂地质条件下的勘查需求。综合物探技术凭借多角度信息获取、各方法互补、高效率等优势，有效解决传统勘查难题，已成为现代地质矿产勘查的核心技术手段，深入探讨其应用具有重要理论与实践价值。

1 综合物探技术核心理论与常用方法

1.1 综合物探技术的核心内涵与特点

（1）核心内涵：综合物探技术并非单一物探方法的简单叠加，而是多种单一物探技术的有机融合与系统整合。其核心是通过多参数协同探测，整合不同方法的地质信息，实现地质目标的精准获取，弥补单一技术的局限性，提升勘查结果的可靠性。（2）核心特点：具有多角度信息获取优势，可从不同维度捕捉地质体特征；各方法互补性强，能相互印证、弥补短板；探测效率远高于单一方法，可快速覆盖勘查区域；适用范围广泛，适配不同地质条件；能有效解决单一物探方法存在的多解性问题，提升地质解释的准确性。

1.2 地质矿产勘查中常用单一物探技术

（1）电磁法：包含瞬变电磁法、可控源音频大地电磁测深等，基于电磁感应原理，通过观测电磁场变化反演地下地质体属性，具有探测深度大、分辨率高的特点，适用于寻找金属矿产、查明地下水体及构造分布。（2）磁法探测：以高精度磁法为主，利用地下磁性地质体对地球磁场的干扰，通过采集磁异常数据，经数据处理后，精准定位磁性矿产分布，在铁矿等磁性矿产勘查中具有高效、便捷的优势。（3）电法探测：涵盖高密度电法、探地雷达法等，依据地质体导电、介电性质差异开展探测，操作简便、成本较低，广泛应用于浅层地质勘查、矿产资源普查及地下隐患排查[1]。

1.3 综合物探技术的组合原则与流程

（1）组合原则：遵循因地制宜、优势互补、经济性、针对性四大原则，结合勘查目标的类型、规模及区域地质条件，科学选择适配的物探技术组合，避免盲目选用，兼顾勘查效果与成本控制。（2）应用流程：严格遵循全流程规范，包括勘查前期准备（资料收集、现场踏勘、方案设计）、数据采集（规范操作、质量管控）、数据处理与解释（多方法协同分析）、成果验证（现场钻探、样品测试）四个核心环节。

1.4 综合物探技术的数据处理与解释方法

（1）数据处理：核心包括数据预处理、去噪、校正及多源数据融合技术，通过剔除异常数据、修正测量误差，将不同物探方法的原始数据整合，形成统一的数据集，为后续解释提供可靠基础。（2）数据解释：采用定性解释与定量分析相结合的方式，结合地质背景资料，通过多参数协同反演，精准解读数据背后的地质意义，有效减少地质解释的多解性，提升勘查成果的科学性和实用性。

2 综合物探技术在不同类型地质矿产勘查中的应用

2.1 在金属矿产勘查中的应用

（1）有色金属矿产：有色金属矿产勘查中，综合物探技术的组合应用可有效提升找矿效率与精准度，以铜、铅锌矿勘查最为典型。实践中多采用磁法与电磁法协同探测，磁法用于快速圈定含矿构造带及磁性矿物分布范围，电磁法则精准识别矿体的埋深、规

模及产状，二者互补实现找矿突破。如新兴都斛铜矿床勘查中，通过高精度磁法圈定区域磁性异常带，结合瞬变电磁法对异常区进行精细探测，成功识别出3条主要含铜矿体，明确了矿体的空间分布特征，为后续钻探施工提供了精准指导，大幅降低了找矿成本。（2）贵金属矿产：金矿等贵金属矿产勘查对探测精度要求较高，常用重力法与音频大地电磁法协同应用。重力法可捕捉金矿体与围岩的密度差异，圈定金矿富集的构造破碎带；音频大地电磁法则能精准探测地下深部导电异常体，识别金矿体的赋存层位。黔西南泥堡金矿勘查实践中，通过重力法圈定区域密度异常区，结合音频大地电磁法对异常区进行深度反演，清晰划分出金矿体的分布范围及埋深，解决了单一方法难以精准定位深部金矿体的难题，为金矿资源的规模化开采提供了可靠的地质依据[2]。（3）稀有金属矿产：稀有金属矿产分布分散、规模较小，勘查难度较大，多源电磁探测技术成为核心手段。以锶矿勘查为例，多源电磁探测技术可整合不同频率的电磁信号，精准捕捉锶矿与围岩的电磁属性差异，实现对锶矿矿体的精准定位。溧水盆地锶矿勘查中，运用多源电磁探测技术，结合地质背景分析，成功圈定出锶矿富集区域，明确了锶矿的分布规律及规模，突破了传统单一方法勘查稀有金属矿产的局限，提升了勘查效率与成果质量。

2.2 在能源矿产勘查中的应用

（1）煤矿勘查：煤矿勘查的核心需求是查明地质构造、富水性及煤层分布，综合物探技术可实现全方位、高精度探测。实践中常组合运用地震勘探、电磁法与地电法，地震勘探用于精准识别煤层埋深、厚度及地质构造（如断层、褶皱）；电磁法重点探测地下水体分布，防范煤矿水害风险；地电法辅助判断煤层的赋存状态及围岩岩性。通过三者协同应用，可全面掌握煤矿地质条件，为煤矿井工开采设计、水害防治提供科学支撑，有效保障煤矿开采安全与效率。（2）油气矿产：超深层油气资源勘查面临探测深度不足、地质结构复杂等难题，重磁电震联合勘探技术成为关键手段。该技术整合重力、磁法、电法与地震勘探的优势，重力、磁法用于快速圈定油气盆地范围及基底构造；电法精准识别油气储层的电性异常；地震勘探则清晰刻画储层的空间分布及发育特征。如塔里木盆地、南海超深水油田勘查中，运用重磁电震联合勘探技术，成功突破超深层探测瓶颈，精准识别出油气储层的位置及规模，为油气资源的勘探开发提供了重要技术支撑，推动了我国超深层油气勘查的突破[3]。

2.3 在非金属矿产勘查中的应用

（1）建材类非金属矿产：石灰岩、石膏矿等建材类非金属矿产勘查，重点是查明矿体的分布范围、厚度及纯度，综合电法与磁法的组合应用最为广泛。电法通过探测地质体的导电差异，圈定矿体边界及分布范围；磁法用于剔除磁性干扰体，提升勘查精度。实践中，通过二者协同应用，可快速查明建材类非金属矿产的赋存状态，为矿山规划、开采设计提供可靠依据，满足建材行业规模化生产需求。（2）其他非金属矿产：高岭土、石墨矿等非金属矿产勘查，常采用探地雷达法与高密度电法协同探测。探地雷达法具有分辨率高、探测速度快的优势，可精准识别浅层矿体的分布及厚度；高密度电法则能探测深部矿体的赋存特征，弥补探地雷达法探测深度不足的局限。通过二者结合，可全面掌握高岭土、石墨矿的分布规律及规模，为矿产资源的合理开发利用提供技术支持。

2.4 在深部矿产勘查中的应用

（1）深部矿产勘查的难点：随着矿产资源勘查向深部延伸，面临诸多技术难点。一是地质结构复杂，深部地层褶皱、断层发育，给地质体识别带来困难；二是探测深度不足，传统单一物探方法难以实现对深部矿产的精准探测；三是干扰因素多，深部地质环境复杂，电磁、重力等干扰信号较多，影响探测数据的准确性，增加了地质解释的难度。（2）综合物探技术的应用优势：针对深部矿产勘查的难点，综合物探技术通过多方法协同融合，展现出显著优势。一方面，超深层重磁电震联合勘探技术，整合多种探测方法的优势，突破传统方法的探测深度限制，可实现对深部地质体的精准探测；另一方面，高精度智能探测技术的应用，提升了数据采集、处理与解释的效率，有效剔除干扰信号，减少地质解释的多解性。实践中，通过上述技术的综合应用，成功实现了深部矿产的精准定位，为我国深部矿产资源的勘查开发提供了重要技术保障[4]。

3 综合物探技术应用中的问题与优化策略

3.1 综合物探技术应用中存在的主要问题

（1）技术层面：尽管综合物探技术强调多方法融合，但单一技术的局限性仍未完全规避，不同技术的适配性不足，难以形成高效协同效应。同时，多源数据融合精度偏低，不同物探方法的原始数据格式、精度差异较大，融合过程中易出现数据偏差；在复杂地质条件下，地下岩体、水体等干扰因素难以彻底消除，导致

探测数据失真，影响地质解释的准确性。（2）人才层面：行业内复合型专业人才严重匮乏，当前从业人员多擅长单一物探技术或单纯地质研究，既熟练掌握多种物探技术原理、操作方法，又深入了解地质矿产勘查规律的复合型人才短缺。人才断层导致技术应用与地质实际脱节，难以实现多方法的科学组合与精准解释，制约了综合物探技术优势的发挥。（3）实践层面：技术组合缺乏针对性，部分勘查项目盲目套用成熟方案，未结合勘查目标、地质条件灵活选择技术组合，导致探测效率低下、成果质量不佳。此外，数据解释与实际地质情况脱节，多依赖理论分析，缺乏实地验证支撑，易出现解释偏差；同时，高精度探测设备、多源数据处理等成本较高，勘查全过程成本控制难度大，影响项目经济性。

3.2 综合物探技术应用的优化措施

（1）技术优化：重点完善多源数据融合技术，建立统一的数据标准和融合算法，规范数据预处理流程，减少不同来源数据的偏差，提升融合精度。加大科研投入，研发高精度、抗干扰的探测设备，增强复杂地质条件下的信号捕捉能力，有效抵御各类干扰因素。同时，集中力量突破超深层探测技术瓶颈，拓展探测深度，满足深部矿产勘查的需求，进一步释放综合物探技术的应用价值[5]。（2）人才培养：加强高校与企业的深度合作，优化人才培养方案，增设物探技术与地质矿产交叉课程，定向培养兼具物探技术与地质知识的复合型人才，实现人才培养与行业需求的精准对接。定期开展从业人员技术培训，邀请行业专家讲解前沿技术、实操技巧及地质数据解读方法，提升现有人员的专业素养和综合应用能力，缓解复合型人才匮乏的困境。（3）实践优化：严格结合勘查目标的类型、规模及区域地质条件，科学制定技术组合方案，增强技术应用的针对性，避免盲目套用。建立数据解释与实地验证联动机制，将探测数据与现场踏勘、钻孔测试等实际资料紧密结合，反复验证解释结果，减少误判，确保解释成果贴合实际地质情况。同时，制定科学的成本管控方案，合理调配设备、人力资源，优化勘查流程，在保证勘查质量的前提下，有效控制勘查成本，提升项目的经济效益。

3.3 综合物探技术的标准化建设

（1）建立勘查流程标准化体系，明确综合物探勘查各环节的操作规范，涵盖前期资料收集、现场踏勘、方案设计、数据采集、数据处理与解释等全流程，统一操作标准、数据格式及质量控制要求，避免因操作不规范导致的成果偏差，提升勘查工作的规范性和系统性。（2）完善技术评价标准，结合不同矿产类型、勘查场景，制定差异化的技术评价指标，明确成果精度、可靠性的评价要求，规范成果验收流程和评价方法。通过完善技术评价标准，有效提升综合物探成果的可靠性与可比性，推动行业技术水平的整体提升，为矿产勘查工作提供统一、科学的技术参考依据。

结束语

综合物探技术在各类地质矿产勘查中发挥着不可替代的核心作用，其多方法协同融合的特性，有效突破了传统勘查技术的局限，大幅提升了勘查精度与效率，为矿产资源勘探开发提供了有力技术支撑。尽管目前该技术在应用中仍存在诸多不足，但通过技术优化、人才培养与标准化建设，可逐步完善应用体系，未来将向智能化、精准化升级，为深部矿产勘查等领域提供更坚实保障。

参考文献

[1] 王雷, 樊相骥. 物探技术在地质找矿与资源勘查中的应用 [J]. 冶金与材料,2021,41(03):88-92.

[2] 宋顺昌. 物探技术在地质找矿与资源勘查中的应用 [J]. 有色金属设计,2021,48(02):96-99.

[3] 胡吉明. 物探技术在工程地质勘查中的应用 [J]. 科学技术创新,2022,19(20):60-65.

[4] 任志栋. 综合物探技术在地质找矿与资源勘查中的应用 [J]. 世界有色金属,2023,8(22):268-269.

[5] 李保凯. 综合物探技术在地质勘查中的应用 [J]. 世界有色金属,2022,10(23):251-256.