

地质勘测中的综合物探技术应用

丁婷婷

山西省煤炭地质一一五勘查院有限公司 山西 大同 037003

摘要：物探技术是地质勘测领域的核心技术手段，单一物探模式难以适配复杂多变的地下地质环境，多技术融合的综合物探模式逐步成为地质勘查的主流方式。本文系统阐释综合物探技术的探测原理与适配特性，对比单一物探与综合物探的应用差异，梳理电磁、地震、重力磁法、放射性等主流物探技术的技术特征，剖析各类技术在地层结构、地质构造、岩土介质及隐伏地质体勘测中的应用路径，结合当下行业应用现状，从技术组合、数据处理、智能融合及勘测精度等维度，提出综合物探技术的优化路径与发展方向，可为复杂地质条件下的勘测工作提供技术参考。

关键词：地质勘测；综合物探技术；物探方法；地质构造；智能化勘测

引言：地下地质环境具备极强的复杂性与隐蔽性，地层结构交错、地质构造多样、岩土介质物性差异显著，传统地表勘测手段难以精准捕捉地下完整地质信息，存在探测盲区与信息缺失等诸多问题。物探技术依托地质介质的物理属性差异实现地下信息探测，能够突破传统勘测的空间局限。多类物探技术的协同运用，可弥补单一探测手段的短板，丰富地质数据维度，提升地下地质条件解析的完整度。依托各类物探技术的适配特征开展组合应用，成为提升地质勘测质量的关键举措，对完善区域地质认知、支撑地质勘查工作推进具备重要意义。

1 综合物探技术的勘测原理与适配特性

1.1 综合物探技术的基本探测原理

综合物探技术依托地下不同地质介质的物理属性差异开展地质勘测工作。天然地层包含岩层、土体与各类隐伏地质构造，不同地质单元会表现出独特的电性、磁性、密度与弹性波动特征。物性差异会塑造出空间分布状态不同的地下物理场。勘测工作借助专业探测设备捕捉地表与浅层地下的物理场信号变化。工作人员对原始信号开展整理、筛选与解析工作，以此判别地下介质的空间分布、结构形态与埋藏特征。技术运行逻辑围绕物理场的客观变化规律展开，对地下未知地质条件进行科学推演^[1]。传统勘测方式局限于地表直观观测，该技术能够有效突破这类空间限制，依照地层固有物理规律完成地质信息解析，为地质勘测工作提供扎实的技术支撑。

1.2 综合物探技术的探测适配原理

综合物探技术的探测适配性，来源于各类地质场景对应的物理场响应规律。地下地质环境具备复杂多变的特点，单一物理参数无法完整呈现地层构造细节与介质属性。该技术可依据勘测区域的介质类型、构造复杂程

度以及预设探测深度，灵活组合各类物探探测手段。不同探测技术对应专属的物理参数采集维度，能够针对性匹配各类地质单元的探测需求。整套技术体系可服务于0~50m浅层精细化勘查，也可覆盖50~2500m深层大范围的地层探测工作。探测设备的采集精度、现场作业布设方式，都能够根据特殊地质结构的信号反馈特点灵活调整。

1.3 单一物探技术与综合物探技术的差异化特征

单一物探技术依托固定的单项物理参数完成探测作业，获取的地质信息维度较为单一，存在明显的信息采集短板。复杂地层环境包含交错层理、破碎构造与多样介质成分，单一探测模式难以完整还原地层真实的内部结构。综合物探技术融合多种独立的物探探测手段，丰富地质数据的采集类别与分析角度。全新的探测模式能够弥补单一探测方式存在的信息空缺，降低地质特征识别的遗漏概率。多源数据可以实现相互补充、相互佐证，提升地层结构解析的完整性与精准度。两种探测模式在维度覆盖面、信息丰富度以及环境适配性上存在显著区别，可应对不同难度等级的地质勘测任务。

2 地质勘测中常用综合物探技术类型

2.1 电磁类物探技术

电磁类物探技术在现代地质勘测中应用范围广泛，主要依靠不同地下介质的电磁响应差异实现地质信息采集。岩土、地下水、矿脉等地质单元具备不一样的导电与导磁能力。人工或天然电磁场传入地下后，会因介质属性差异产生差异化的场态变化。勘测设备拾取地表电磁场的波动信息，通过数据整理与分析，梳理地下空间的电性分布规律^[2]。常规电磁探测深度可达500~700m，广域电磁探测技术可将探测深度拓展至2500m，这类技术对低阻地质体感知灵敏，能够清晰分辨松散堆积层、

含水破碎带以及金属矿脉的发育位置。野外布设工序简单,对作业场地条件要求宽松,能够开展大范围区域普查,也可针对重点地段开展精细化勘测作业。

2.2 地震类物探技术

地震类物探技术属于主动探测手段,以岩层弹性传播属性作为勘测基础。通过人工方式产生地震波,让波形向地下深处持续传播。波体抵达岩性分界面、断裂结构或地层起伏界面时,会出现反射、折射等传播形态变化。仪器记录所有返回的波形数据,结合传播速度、传播时间等参数推算地层埋藏深度与层序结构,还原区域内部的构造形态。这类技术拥有较大探测深度与较高分层精度,对沉积地层序列、断裂构造形态、基底起伏格局有着优秀的识别能力。运行状态稳定,是深部地层精细勘测的主流技术手段。

2.3 重力与磁法物探技术

重力物探技术依托地层密度属性的差异性开展工作。不同类型岩体、土体及地下空洞存在密度差值,会造成地表重力场出现微弱起伏变化。设备捕捉这类细微场值差异,能够推断地下高密度岩体、空腔构造以及基底结构的分布情况。磁法物探技术针对岩土体自带的磁性特征开展探测。岩浆岩、变质岩及磁性矿物聚集区域会形成专属磁场特征。场值分布的强弱变化,能够直观反映磁性地质体的空间展布范围。两种技术野外布设简单,经济成本可控,适合大面积区域的基础性地质普查作业。

2.4 放射性物探技术

放射性物探技术围绕地层天然放射性元素的分布规律展开勘测。不同成因、不同类型的岩层,放射性元素富集程度存在明显区别,辐射强度会呈现稳定的分布特征。专业探测设备采集地表辐射数据,根据数值分布特征完成岩性区分,标注辐射异常的地质区域。技术应用场景集中在特殊地质体识别、地层岩性界定、基础地质条件排查等工作领域。探测过程安全便捷,数据采集步骤简易。对特殊稀有地质体与隐蔽特殊构造具备独特识别优势,能够丰富综合物探体系的探测层次。

3 综合物探技术在地质勘测中的具体应用维度

3.1 地层结构勘测中的技术应用

地层结构勘测是地质工作的基础内容,核心在于厘清区域内地层的层序排布、厚度变化与接触关系。综合物探技术可以依托多类探测手段的物性采集优势,完成地表至地下深层的地层信息采集。地震类物探技术可精准识别地层的分层界面,依据波形传播特征划分不同时代、不同岩性的地层单元,精准判定地层厚度的增减变

化规律^[3]。电磁类物探技术可辅助区分松散沉积层与基岩界面,识别浅层地层的堆积结构与分层状态。各类物探技术的组合运用,能够摆脱单一探测手段的认知局限,完整梳理区域地层的沉积序列与空间结构。可以为地层划分、地质演化分析提供充足的实测数据支撑,实现地表与地下地层结构的完整对应解析。

3.2 地质构造勘测中的技术应用

地质构造形态复杂多样,断裂、褶皱、破碎带等构造单元会改变地下介质的物理分布状态,形成差异化的物探信号反馈。综合物探技术可针对各类构造的物性特征开展针对性探测。地震物探手段可以捕捉构造界面的波形异常,清晰还原断裂走向、倾向与延展规模,刻画褶皱构造的起伏形态与空间格局。磁法与重力物探技术可识别构造破碎区域的物性紊乱特征,界定构造影响的范围与边界。电磁物探技术对含水破碎带、构造软弱层的识别灵敏度较高,可筛查隐蔽性构造的发育位置。多维度探测模式能够全面解析各类地质构造的发育特征,明晰构造体系的空间分布格局,为地质构造研究提供详实依据。

3.3 岩土介质勘测中的技术应用

岩土介质的物质组成、密实程度、含水状态存在差异,会直接改变地层的物理参数特征。综合物探技术可通过捕捉物性参数的分布规律,完成岩土介质属性的精准判别。电磁探测方式可依据介质导电性能的差异,区分砂土、黏土、基岩等不同岩土类型,判别岩土体内部的含水饱和度与松散程度。重力探测可以依托密度参数变化,区分密实岩体与松散土体,判定岩土介质的均匀性。放射性物探技术可结合辐射强度特征,辅助判别特殊岩土体的成因与组分特点。各类技术的搭配使用,能够细化岩土介质的属性认知,精准区分优质岩土体与不良岩土体的分布区域,满足各类地质勘测的基础介质分析需求。

3.4 地下空间与隐伏地质体勘测中的技术应用

地下空洞、隐伏岩体、埋藏矿脉等地下空间与隐伏地质体,隐蔽性较强,常规勘测方式难以实现有效识别。综合物探技术可依托地下物性异常特征,实现隐蔽地质单元的精准探测。重力物探技术可捕捉空洞区域的低密度异常与隐伏岩体的高密度异常,圈定特殊地质体的分布范围。电磁物探技术可识别地下溶洞、空洞充填水体的低阻异常,定位隐蔽地下空间的发育位置。地震物探技术可通过波形畸变特征,判定地下空洞的形态、规模与埋藏深度。整套探测体系可以覆盖浅层隐蔽空间与深层隐伏地质体的探测工作,弥补传统地表勘测的盲

区,完善区域地下地质条件的整体认知。

4 综合物探技术的应用优化与发展趋势

4.1 综合物探技术的组合应用方式优化

综合物探技术的核心优势来源于多技术的合理搭配,传统勘测作业存在技术搭配固化、组合模式单一的问题,难以适配复杂多变的地质场景。技术组合优化需要结合勘测区域的地质条件与作业目标,灵活选配适配性更强的物探手段。针对构造复杂、介质多样的勘测区域,可搭配高精度地震探测与电磁探测技术,弥补单一技术在结构识别与介质判别上的不足^[4]。针对大范围基础性地质普查工作,可选用重力、磁法低成本探测技术搭配精细化电磁探测,平衡勘测效率与探测精度。动态化、场景化的技术组合模式,能够打破传统固定搭配的作业局限,提升综合物探技术对不同地质场景的适配能力,最大化发挥各类物探技术的独有探测优势。

4.2 物探数据采集与处理方式优化

数据采集与处理质量,直接决定地质勘测解析的精准程度。传统物探作业的数据采集环节存在布设粗放、采集精度不足的问题,野外作业容易受到环境干扰,产生无效数据或干扰数据。采集方式优化可通过精细化测点布设、分级化精度管控的方式,提升原始数据的完整度与纯净度。数据处理环节可摒弃单一、固定的处理流程,依据不同探测技术的数据特征,选用针对性的降噪、筛选、解析方法。针对复杂地质环境下的杂乱数据,可强化干扰信号剔除与有效信号提取工作,提升数据解析的科学性。标准化、精细化的作业流程,能够有效降低外界环境与人为操作带来的误差,提升物探数据的利用价值。

4.3 智能化技术与综合物探的融合发展

数字化、智能化技术的迭代升级,为传统物探勘测行业提供全新的发展路径。各类智能算法与数字化设备可深度融入物探作业全流程,改变传统人工采集、人工解析的作业模式。智能设备可实现野外数据的自动化采集、实时存储与初步筛查,减少人工操作带来的疏漏问题。智能算法可完成海量物探数据的批量处理、异常信号识别与地质信息自动解析,提升数据处理的效率与精准度。数字化建模技术可将抽象的物探数据转化为直观

的地质空间信息,直观呈现地下地质结构的分布特征。技术融合能够推动综合物探作业向数字化、智能化转型,重塑传统地质勘测的作业体系。

4.4 精细化、全域化物探勘测发展方向

现阶段地质勘测工作对探测精度、探测范围的要求持续提升,精细化与全域化成为综合物探技术的主流发展方向。精细化发展聚焦微观地质单元的探测解析,不断优化设备探测精度与数据解析细度,实现微小构造、薄层地层与细微介质差异的有效识别。全域化发展侧重拓展勘测覆盖范围,打通浅层地表与深层地下的探测壁垒,实现区域地质条件的完整勘测解析。技术体系会持续适配复杂地形、特殊地质环境的勘测需求,拓展综合物探技术的应用边界。全方位、高精度的勘测模式,能够满足各类复杂地质工程的勘测需求,为地质研究与工程建设提供更全面的技术支撑。

结束语

综合物探技术凭借多维度、高适配的探测优势,有效弥补传统地质勘测的技术短板,可全面覆盖地层结构、地质构造、岩土介质及隐蔽地质体的探测场景。不同类型物探技术具备差异化的探测优势,合理的技术搭配与精细化的作业模式,能够适配各类复杂地质场景的勘测需求。随着数字化与智能技术的持续迭代,物探作业模式不断升级,勘测精度与覆盖范围持续提升。持续优化技术组合方式、完善数据处理体系,能够进一步拓展综合物探技术的应用边界,助力地质勘测行业高质量发展。

参考文献

- [1]郭子萍,陈相帅,汪孝博,等.综合物探技术在露天矿山边坡地质勘测中的应用[J].能源与环保,2024,46(7):123-127,135.
- [2]李梅梅,张翻芸,郭婷.综合物探技术在煤矿地质资源勘查中的应用研究[J].科技资讯,2025,23(15):165-167.
- [3]赵雷.复杂地质矿井生产中综合物探关键技术与应用[J].中国金属通报,2023(9):192-194.
- [4]郑鸿滨.综合物探技术在矿山地质勘察中的应用探讨[J].模型世界,2022(13):55-57.