综合物探技术在煤矿隐蔽致灾因素普查中的应用与实践——内蒙古鄂尔多斯盆地准格尔煤田

黄　键
河北省煤田地质局第二地质队（河北省干热岩研究中心）　河北　邢台　054000

摘　要：在煤矿安全生产中，煤矿隐蔽致灾因素普查至关重要。本文聚焦综合物探技术，阐述其在普查中的应用基础，包括核心需求、应用原则与前提条件。介绍常用技术分类及应用要点，梳理应用流程，提出技术组合优化、现场实践操作规范及精细化改进等实践路径。通过综合物探技术，可提升普查精准度与效率，为煤矿灾害预警与防治提供科学依据。

关键词：综合物探技术；煤矿隐蔽致灾因素；普查应用；实践路径

引言：煤矿开采面临诸多隐蔽致灾因素威胁，如地质构造异常、水文地质条件变化及瓦斯赋存状态等，易引发突水、冒顶、瓦斯爆炸等灾害。传统勘探手段存在局限，难以全面揭示深部致灾因素。综合物探技术凭借其多维信息感知能力，成为煤矿隐蔽致灾因素普查的关键手段。深入研究其应用与实践，对保障煤矿安全生产具有重要意义。

1 综合物探技术在煤矿隐蔽致灾因素普查中的应用基础

1.1 煤矿隐蔽致灾因素普查的核心需求

煤矿隐蔽致灾因素普查是保障准格尔煤田安全生产的关键环节，其核心需求源于对地下复杂地质环境的精准认知需求[1]。在准格尔煤田多个矿山开采过程中，地质构造异常、水文地质条件变化及瓦斯赋存状态等隐蔽因素，往往直接或间接引发突水、冒顶、瓦斯爆炸等灾害。传统勘探手段受限于单一参数检测与浅层探测能力，难以全面揭示深部致灾因素的空间分布与演化规律。因此，普查工作需构建多维信息感知体系，实现对隐蔽致灾因素的高分辨率、全覆盖识别，为灾害预警与防治提供科学依据。这一需求推动物探技术向综合化、精准化方向发展，要求技术体系具备穿透复杂介质的能力，并能够通过多物理场信息融合，还原准格尔煤田地下真实地质场景。

1.2 综合物探技术的应用原则

综合物探技术的应用遵循“优势互补、信息融合、经济可行”三大原则。不同物探方法基于差异化的物理场响应机制，对特定地质目标的探测具有独特优势。例如，地震勘探擅长揭示地质构造形态，电法勘探对含水层分布敏感，而重力与磁法勘探则适用于大范围地质背景调查。在准格尔煤田，单一方法易受环境干扰或探测盲区限制，综合应用可实现功能互补，提升解释结果的可靠性。信息融合原则强调多源数据的协同分析，通过物理模型约束与统计特征关联，挖掘数据间潜在联系，形成对准格尔地区煤矿山多种致灾因素的立体认知。经济可行原则要求技术选择兼顾效率与 成本，在满足探测精度需求的前提下，优化方法组合与施工设计，避免资源浪费。

1.3 综合物探技术的应用前提与适用条件

综合物探技术的有效应用需满足特定前提条件。地质条件方面，需具备可被物探方法识别的物理性质差异，如电阻率、密度、波速等参数的对比度。若地质体与围岩物性差异过小，将导致信号响应微弱，难以有效区分。环境条件方面，需排除地表障碍物、人文噪声等干扰因素，确保数据采集质量。例如，电磁法勘探需避开高压线、金属构筑物等强干扰源，地震勘探需选择平坦开阔场地以减少波场畸变。技术条件方面，需配备高精度采集设备与专业化处理软件，并由经验丰富的技术人员完成数据采集、处理与解释全流程。此外，综合物探技术更适用于准格尔煤田的矿山中深层地质探测，对浅部复杂结构或微小目标体的识别能力有限，需结合钻探等直接手段进行验证。

2 煤矿隐蔽致灾因素普查中常用综合物探技术分类及应用要点

2.1 地震勘探技术

技术核心原理基于弹性波传播特性，通过人工激发弹性波，利用弹性波在不同介质中传播速度、振幅及相位的差异，实现地下地质体的探测与识别，符合矿山物探技术的基本理论体系[2]。普查中的应用流程需先完成测区勘查与测线布置，合理设计激发与接收参数，开展弹性波激发与信号接收工作，对采集的原始数据进行去噪、

滤波等处理，通过数据反演解析地下地质构造特征。适用的隐蔽致灾因素类型以构造类为主，可有效探测断层、陷落柱等地质构造，同时能辅助识别煤层厚度变化及顶板岩层发育情况，适配矿山构造类致灾因素的普查需求。

2.2 电法勘探技术

技术核心原理依据不同地质体的电性差异，通过向地下施加人工电场，测量电场分布特征，反演地下地质体的电性参数，进而判断地质体的分布与性质，参考煤矿电法勘探技术规范形成。普查中的应用流程需先进行现场电性测试，确定测网密度与电极布置方式，开展电场数据采集，对数据进行校正与解释，转化为可识别的地质信息。适用的隐蔽致灾因素类型包括含水层、导水断层及地质构造，利用准格尔煤田水体与岩层、与围岩的电性差异，实现此类致灾因素的精准探测，满足矿山水文及瓦斯类灾害普查需求。

2.3 磁法勘探技术

技术核心原理基于地下地质体的磁性差异，通过测量地下磁场强度变化，分析磁性地质体的分布范围与形态，为致灾因素识别提供依据，符合磁法勘探的核心技术逻辑。普查中的应用流程需完成测区磁场背景值测量，布置测线开展磁场数据采集，对数据进行异常提取与校正，结合矿区地质资料进行异常解释。适用的隐蔽致灾因素类型主要为含磁性矿物的断层、火烧岩、火成岩侵入体，此类地质体与周围岩层磁性差异显著，可通过磁场异常精准定位，适配特殊地质构造类致灾因素普查。

2.4 重力勘探技术

技术核心原理利用不同地质体的密度差异，通过测量重力加速度的微小变化，反演地下地质体的密度分布，进而判断地质体的规模与形态，依托重力勘探技术理论形成。普查中的应用流程需先完成重力基准点布设，开展重力数据采集与校正，消除地形、仪器等干扰因素，对数据进行反演处理与地质解释。适用的隐蔽致灾因素类型包括大型陷落柱、厚层溶洞及地层界面起伏，此类地质体与围岩密度差异明显，可通过重力异常实现有效识别，辅助完成矿山隐蔽致灾因素全面普查。

2.5 其他辅助物探技术

技术核心原理围绕地质体的特殊物理性质展开，涵盖放射性勘探、声波勘探等，通过捕捉地质体的放射性强度、声波传播特性等差异，补充完善普查数据，参考矿山辅助物探技术研究成果。普查中的应用流程需结合主动物探技术需求，合理布置探测点位，开展数据采集与处理，将结果与主探测技术成果结合分析。适用的隐蔽致灾因素类型为小型裂隙、局部瓦斯异常及浅层含水层，可弥补主动物探技术的探测盲区，提升普查工作的全面性与精准度，适配准格尔煤矿山隐蔽致灾因素精细化普查需求。

3 综合物探技术在煤矿隐蔽致灾因素普查中的应用流程

3.1 普查前期准备

普查前期准备是综合物探技术顺利应用的基础，严格遵循《矿山隐蔽致灾因素普查规范》KA/T22.2-2024要求，核心围绕基础资料收集与现场勘察展开。需系统收集矿区及周边区域已有的地质报告、钻孔资料、物探成果等相关资料，重点梳理地层岩性、导水断层分布、富水区域范围、火成岩侵入体位置等基础信息，为后续工作提供数据支撑。同步开展现场勘察工作，排查测区地形地貌、表层干扰源等情况，明确测区边界与探测范围，梳理可能影响物探数据采集的各类干扰因素[3]。同时完成设备调试与人员调配，对物探仪器进行全面校准，确保设备性能达标，配备具备专业资质的技术人员，明确各环节工作分工，为矿山普查工作有序开展筑牢基础。

3.2 物探技术选型与组合

物探技术选型与组合需结合准格尔煤田普查区域地质条件、致灾因素探测需求及各类物探技术特性，遵循针对性与互补性原则，参考煤矿物探技术应用规范形成。结合前期收集的基础资料与现场勘察结果，分析测区可能存在的隐蔽致灾因素类型，匹配适配的物探技术。针对单一物探技术存在的探测局限，构建多技术组合方案，发挥不同技术优势，实现探测效果互补。选型与组合过程中需兼顾普查精度与工作效率，优化技术组合参数，避免技术冗余，确保所选技术及组合方案能够精准捕捉致灾因素异常信号，满足普查工作的核心需求。

3.3 现场数据采集

现场数据采集是隐蔽致灾因素普查工作的核心环节，需严格按照物探技术操作规范与前期设计方案开展，保障数据真实性与可靠性。根据技术选型结果，合理布置测线、测点，控制测线密度与测点间距，确保覆盖整个普查区域。操作过程中严格把控采集参数，按照仪器操作规程进行操作，实时监测数据采集质量，及时排查数据异常情况，避免外界干扰对数据采集造成影响。采集完成后对原始数据进行初步整理，做好数据备份与记录，标注数据采集时间、地点及相关环境条件，为后续数据处理与解析提供完整依据。

3.4 数据处理与解析

数据处理与解析需依托专业数据处理软件，遵循物探数据处理规范，对物探现场采集的原始数据进行系统

处理与科学解析。先对原始数据进行去噪、滤波、校正等预处理，消除仪器误差、环境干扰等因素对数据的影响，提升数据质量。通过数据反演、成像等技术手段，将处理后的数据转化为可识别的地质异常信息，结合前期收集的基础地质资料，分析异常信息对应的地质体特征，判断是否为隐蔽致灾因素引发的异常。解析过程中注重数据与地质实际的结合，避免单一数据解读的局限性，确保解析结果贴合测区实际地质情况。

3.5 普查流程优化

普查流程优化基于准格尔煤田矿山普查全环节开展，根据普查过程中的实际情况与技术应用反馈，根据物探技术优化研究成果，持续完善流程细节。梳理前期准备、技术选型、数据采集、数据解析各环节存在的不足，针对性调整工作方案，优化操作流程与参数设置。重点优化数据采集与处理环节的效率与精度，减少无效工作环节，控制普查成本。同时总结流程应用中的经验，建立流程优化机制，结合不同测区地质条件差异，灵活调整流程细节，提升综合物探技术在准格尔煤田的矿山普查工作中的适配性与应用效能，为后续普查工作提供可借鉴的流程规范。

4 综合物探技术在煤矿隐蔽致灾因素普查中的实践路径

4.1 技术组合优化路径

技术组合优化路径以提升矿山普查精准度与效率为核心，参考煤矿物探技术组合应用研究成果，结合普查区域地质条件与致灾因素探测需求构建。立足不同物探技术的优势与局限，打破单一技术应用的局限，构建差异化组合模式。结合准格尔煤田矿山地质复杂度与致灾因素类型，优化技术组合配比，突出主导技术核心作用，搭配辅助技术弥补探测盲区。通过技术参数协同调整，实现不同技术探测成果的有机融合，减少技术应用冲突，提升整体探测效能[4]。优化过程中结合前期普查实践反馈，动态调整组合方案，适配不同测区地质条件差异，形成可复制、可推广的技术组合优化模式，契合准格尔煤田矿山隐蔽致灾因素普查的实际需求。

4.2 现场实践操作规范

现场实践操作规范依据矿山隐蔽致灾因素普查规范与物探技术操作标准制定，覆盖现场实践全环节，保障技术应用的规范性与统一性。规范明确现场操作各环节的操作要求与技术标准，明确设备操作流程、数据采集规范及安全操作准则。针对矿山现场环境干扰、设备运行异常等突发情况，制定针对性处置流程，确保实践工作有序推进。明确技术人员操作职责，要求操作人员严格按照规范开展工作，定期开展设备维护与校准，保障设备运行稳定性。同时，规范强化操作细节管控，明确数据采集、参数设置等关键环节要求，避免人为操作误差，确保现场实践成果的真实性与可靠性，为后续数据处理与解析提供坚实保障。

4.3 技术应用的精细化改进方向

技术应用的精细化改进方向围绕提升探测精度、适配准格尔煤田复杂地质条件展开，参考物探技术精细化发展研究成果，结合煤矿普查实践需求明确。聚焦数据采集精细化，优化采集参数设置，提升数据采集分辨率，减少干扰因素对数据质量的影响。推动数据处理精细化，引入先进数据处理算法，优化数据反演与解析流程，提升地质异常识别的精准度。强化技术应用与地质实际的结合，结合准格尔煤田矿区具体地质特征，优化技术应用方案，实现技术应用的个性化适配。依托智能化技术，推动物探设备与数据处理的智能化升级，提升技术应用效率与精细化水平，同时注重技术人员专业能力提升，通过专业培训优化操作技能，推动综合物探技术在准格尔煤田普查中的精细化应用水平持续提升。

结束语

综合物探技术在准格尔煤田矿山隐蔽致灾因素普查中发挥着关键作用，通过合理应用多种物探技术，遵循科学流程，不断优化技术组合与实践操作，可提升普查的精准度与全面性。这有助于准确识别隐蔽致灾因素，为煤矿灾害防治提供有力支持，切实保障煤矿生产安全，推动煤矿行业稳定发展。

参考文献

[1]时文华,孔繁良,柳顺彬,等.综合物探技术在库拜煤田某煤矿隐蔽致灾因素普查中的应用[J].新疆地质,2023,41(1):109-112.

[2]张武,李圣军,钱红涛,等.克尔碱煤矿隐蔽致灾因素普查评价及防控方法分析[J].科技与创新,2025(18):95-97,101.

[3]石恩嘉,甄智鑫,王峰,等.非煤矿山露天边坡隐蔽致灾因素普查方法研究与工程应用[J].有色金属(矿山部分),2025,77(5):56-65.

[4]武强,郭小铭,边凯,等.开展水害致灾因素普查防范煤矿水害事故发生[J].中国煤炭,2023,49(1):2-15.