

# 探究煤田勘探过程中地质勘查技术的应用

张永波

宁夏煤炭勘察工程有限公司

DOI:10.32629/etd.v6i12.19214

**[摘要]** 煤田地质勘查技术作为保障煤炭资源精准开发的关键手段,已从传统地质填图发展为集成地球物理勘探、钻探工程、遥感测绘等现代化技术体系。本文系统分析了技术体系的分类框架与应用路径,重点探讨了地震勘探、电法勘探、绳索取芯等核心技术在资源定位、构造解析与安全保障方面的作用。研究表明,当前技术应用呈现数据驱动、绿色勘查与智能化转型趋势,通过空天地海一体化勘查模式,显著提升了深部资源探测精度与综合效益。未来需进一步突破深部探测瓶颈,优化多技术协同标准,推动煤田勘查向高效低碳方向发展。

**[关键词]** 煤田地质勘查; 技术体系; 地球物理勘探; 钻探工程; 技术优化

**中图分类号:** P618.11 **文献标识码:** A

## Exploration of the Application of Geological Survey Technology in Coalfield Exploration

Yongbo Zhang

Ningxia Coal Exploration Engineering Co., Ltd.

**[Abstract]** As a key means to ensure the precise development of coal resources, coalfield geological survey technology has evolved from traditional geological mapping into a modern technological system integrating geophysical exploration, drilling engineering, remote sensing surveying, and other methods. This paper systematically analyzes the classification framework and application paths of the technological system, focusing on the roles of core technologies such as seismic exploration, electrical exploration, and wireline coring in resource positioning, structural analysis, and safety assurance. Research shows that current technology application presents trends of data-driven approach, green exploration, and intelligent transformation. Through the integrated air-space-ground-sea exploration model, the detection accuracy of deep resources and comprehensive benefits have been significantly improved. In the future, it is necessary to further break through deep detection bottlenecks, optimize multi-technology coordination standards, and promote the development of coalfield exploration toward high efficiency and low carbon.

**[Key words]** coalfield geological survey; technological system; geophysical exploration; drilling engineering; technology optimization

### 引言

煤炭作为重要能源,其开发依赖精准地质勘查。煤田地质条件复杂,不同区域构造、岩性差异大,给勘查工作带来挑战。传统勘查方法存在局限,难以满足现代煤炭开发需求。随着科技进步,多种新型勘查技术涌现,形成完整技术体系。深入探究这些技术应用,对提高勘查精度、保障煤炭资源高效开发、实现资源勘探与环境保护协调发展具有重要意义。

### 1 煤田地质勘查技术体系框架

#### 1.1 技术分类与层级结构

煤田地质勘查技术体系呈现出清晰的层次化特征,各层级技术相互支撑,形成完整的勘查解决方案。基础性技术构成整个

体系的根基,主要包括地质填图和坑探工程。地质填图通过对地表岩层、构造等地质要素的系统观测与记录,建立区域地质格架;坑探工程则通过人工开挖揭露地质现象,为深部推断提供直接验证<sup>[1]</sup>。这些传统方法获取的第一手资料具有不可替代的价值。高精度探测技术代表着现代勘查的发展方向。三维地震勘探能够清晰刻画地下构造形态,精准定位断层与褶曲;地质雷达适用于浅层精细探测,有效识别岩溶发育带;瞬变电磁法对含水性反应灵敏,在水文地质调查中表现突出。这些方法大幅提升了勘查工作的分辨率与可靠性。智能化技术正引领行业变革。钻进参数实时监测系统可自动记录钻速、扭矩等数据,动态反映岩性变化;机器学习算法能够从海量勘查数据中挖掘潜在规律,

辅助地质人员进行储层预测与靶区优选。这些智能手段显著提高了工作效率与决策水平。综合集成技术体现着现代勘查理念。“物探+钻探+遥感”多手段协同作业模式已成为行业共识,通过不同技术方法的优势互补,实现地质信息的多维度验证与融合。这种集成化思路有效克服了单一方法的技术局限,保障了勘查成果的准确性。

### 1.2 技术选择原则

技术方法的选择需要遵循科学合理的原则。地质条件适配性是首要考量因素,不同地质环境需要匹配相应的技术手段。例如复杂构造区往往优先采用高密度电阻率法,以获取更丰富的地电结构信息;厚层覆盖区则适宜选择穿透能力强的瞬变电磁法。经济成本与勘探精度的平衡至关重要。在满足勘查目标的前提下,需要综合考虑投入产出比,避免过度追求技术先进而忽视经济效益。实践中通常采用分阶段技术组合策略,先期使用成本较低的区域扫面方法,后期在重点靶区投入精细探测手段。绿色勘查导向已成为行业基本要求。这体现在最大限度减少地表破坏,优先选择对环境影响小的勘查方法;积极采用低能耗设备,推动清洁能源在野外作业中的应用;注重勘查过程中的生态修复,实现资源勘探与环境保护的协调发展。这些原则共同指导着煤田地质勘查技术的科学应用,推动着行业持续向前发展。

## 2 核心地质勘查技术应用路径

### 2.1 地球物理勘探技术

地震勘探技术通过人工激发地震波,分析波场特征来解析深部地质构造。该方法能够清晰揭示断层发育规律与空间展布特征,准确判断煤层赋存状态及构造影响程度。在煤矿采区勘探中,地震勘探成果为矿井设计提供了关键地质依据。电法勘探以岩石电性差异为基础,通过观测天然或人工电场分布规律来探测地下地质体<sup>[2]</sup>。直流电法在沉积盆地构造探测中效果显著,能够有效识别基底起伏形态;微动测深技术利用天然场源,可分析深部结构特征,为煤层稳定性评价提供支撑。地质雷达采用高频电磁波进行探测,对浅部地质体具有较高分辨率。该技术能够精确识别采空区边界位置,判断煤层厚度变化趋势,在煤矿安全生产领域发挥重要作用。电磁波在不同介质中的传播特性为解释地质现象提供了物理基础。

### 2.2 钻探工程技术

绳索取芯技术通过特殊钻具设计实现岩芯提取,显著提升岩芯采取率与钻探效率。该技术减少了升降钻具的辅助时间,保持了岩芯原始状态,为精确分析煤层特征创造了有利条件。高质量岩芯样品是进行各项实验测试的重要基础。定向钻井技术通过控制钻孔轨迹,实现靶向精准钻进。该技术能够优化气田开发方案设计,提高资源采收率;在深部资源预测中,通过分支孔施工获取更丰富的地质信息。轨迹控制精度直接关系到勘探成果的可靠性。智能钻探系统集成多种传感器,实时监测钻压、转速、扭矩等关键参数。系统根据岩层变化自动调整钻进参数,实现动态优化控制。这种智能化作业方式既保障了施工安全,又提高了钻进效率,代表着钻探技术发展的新方向。

### 2.3 遥感与测绘技术

多光谱遥感技术利用地物在不同波段的反射特性差异,通过图像处理和信息提取,能够快速圈定含煤区域范围。该技术还可用于地表变形监测,为矿区环境评估提供重要依据。遥感数据的宏观性弥补了地面勘查的局限性。GPS定位系统为地质勘查提供空间位置服务,实现米级精度的钻探设备空间布局控制。精确的坐标控制确保了勘查工程的空间准确性,为后续资料解释和工程设计奠定了坚实基础。定位精度直接影响勘查成果的空间可靠性。三维地质建模技术通过整合多源勘查数据,构建可视化地质模型。该模型能够清晰展示地层结构、构造特征及煤层空间分布,为矿井通风系统设计提供关键参数。三维模型的直观性大大提高了地质认识的准确性。

### 2.4 辅助技术组合

测井技术利用地球物理方法在钻孔中测量岩层物理参数,通过数据分析能够准确测定煤层灰分含量与孔隙度特征。这些参数对煤层质量评价和开采工艺选择具有重要参考价值。测井曲线的综合解释需要结合区域地质背景。X射线荧光分析技术通过检测样品受激发后产生的特征X射线,快速识别矿藏微量元素组成。该方法具有检测速度快、灵敏度高的特点,在煤质分析和伴生元素评价中应用广泛。元素含量数据为资源综合利用提供了科学依据。数值模拟技术基于地质概念模型,通过数学方法模拟地质过程<sup>[3]</sup>。该技术能够预测地下水渗流路径,准确计算矿坑涌水量,为煤矿防治水工作提供决策支持。模拟结果的可靠性依赖于基础数据的完整性和准确性。这些技术方法相互补充、有机结合,形成了完整的煤田地质勘查技术体系。在实际应用中,需要根据具体地质条件和勘查目标,选择适当的技术组合,确保勘查工作取得预期成效。技术的持续创新推动着煤田地质勘查水平不断提升。

## 3 技术应用的典型特征与趋势

### 3.1 行业应用特征

煤田地质勘查技术应用呈现出鲜明的行业特征。服务生产直接性是其重要特点之一。地质勘查所获取的成果并非停留在理论层面,而是能迅速转化为矿井设计的关键参数。例如,通过精准勘查得到的煤层厚度、倾角、断层位置等信息,直接决定了矿井的开拓方式、巷道布置以及采煤方法的选择,为煤炭资源的高效开发奠定基础。技术集成需求高在复杂地形区的勘查中体现得尤为明显。在山区、黄土高原等地质条件复杂的区域,单一勘查手段往往难以全面、准确地获取地质信息。此时,“物探+钻探+遥感”协同作业的模式成为必然选择。遥感技术从宏观层面快速圈定找煤靶区,物探技术进一步缩小目标范围并获取地下地质体的物理性质信息,钻探技术则进行最终验证和详细勘查,三种技术相互补充,提高勘查结果的可靠性。数据驱动决策在煤田勘查中发挥着越来越重要的作用。借助先进的技术手段,构建三维地质模型,能够直观展示煤田的地质结构、煤层分布以及地下水情况等。基于这些数据,可提前预测开采过程中可能出现的问题,如透水事故。通过模拟不同开采方案下的地下水渗流

情况,制定合理的防治措施,有效降低透水事故风险,保障矿井安全生产。

### 3.2 技术发展趋势

展望未来,煤田地质勘查技术将朝着多个方向持续深化发展。设备高精度化是值得关注的趋势之一。以地质雷达为例,其探测分辨率正在不断提升,未来有望实现厘米级的识别精度。这种高精度的地质雷达能够更清晰地识别地下微小地质体,如薄煤层、小断层等复杂构造,为煤炭资源的精细勘查和精准开采提供有力技术支持。作业模式绿色化逐渐成为行业发展的必然要求。当前正在大力推广无损探测技术,最大限度减少对地表和地下生态环境的破坏;积极采用低碳钻探工艺,有效降低能源消耗和碳排放水平,最终实现煤田勘查与环境保护的协调可持续发展。分析智能化将显著提升勘查工作效率。机器学习算法在测井数据解释中的应用范围日益扩大,通过对海量已知数据的学习训练,能够快速准确地对新获取的测井数据进行智能解释,不断优化解释效率,为煤炭资源评价和开发决策提供更加及时可靠的地质信息支撑。此外,多矿种协同勘查也将成为未来重点发展方向,通过对煤系地层中共伴生的油气、铝土矿等多种资源进行系统综合评价,实现矿产资源的最大化利用价值。这种综合勘查模式正在推动传统煤田地质工作向更高效、更精准、更环保的方向转型升级。

## 4 技术挑战与优化方向

### 4.1 现存技术瓶颈

当前煤田地质勘查技术发展仍面临多重制约。深部资源探测精度不足是首要难题,随着煤炭开发向千米级深度延伸,传统地震勘探与测井技术受地质噪声干扰显著增强,对微小构造与薄煤层识别能力下降,导致资源储量估算误差扩大。现有探测设备在高温高压环境下的稳定性亟待提升,传感器精度随深度增加而衰减的问题尚未得到根本解决<sup>[4]</sup>。复杂构造区数据解析同样面临严峻挑战。在褶皱、断层密集发育区域,由于岩性界面模糊、电磁信号衰减剧烈,单一物探方法易产生多解性,难以准确刻画煤层空间展布形态。特别是当煤层与围岩物性差异较小时,现有技术对煤层边界的识别能力明显不足,这直接影响到开采方案的制定。多技术融合的标准化流程缺失进一步限制了勘查效能。不同技术手段在数据采集、处理与解释环节缺乏统一规范,导致协同作业时存在信息割裂与重复劳动,降低整体勘查效

率。各专业团队在数据交换过程中常因格式不统一而产生额外工作量,跨平台数据融合的技术壁垒尚未完全突破。这些问题的存在制约着勘查精度的持续提升,亟需通过技术创新和流程优化来寻求突破。

### 4.2 优化路径建议

突破技术瓶颈需从理论创新、体系构建与装备升级三方面协同推进。深化深部流体成矿理论研究是提升探测精度的关键,通过建立高温高压条件下煤系地层物性参数演化模型,可优化地震波阻抗反演算法,增强对深部隐伏构造的识别能力。构建“空-天-地”一体化勘查网络能显著提升复杂区数据解析效率,整合卫星遥感宏观地质调查、航空物探中观构造填图与地面物探精细探测数据,形成多尺度信息互补机制,降低单一方法的多解性风险。推动勘查设备国产化与智能化升级是保障技术自主可控的核心,重点研发耐高温高压钻探装备、高密度阵列式地震采集系统与轻量化无人机载磁测平台,配套开发基于深度学习的数据实时处理软件,实现勘查作业的自动化与精准化。完善技术适配性评估体系则能规范多技术融合应用,通过建立地质条件分级标准与对应技术组合方案库,为不同勘查场景提供标准化操作流程,减少因技术误用导致的资源浪费与数据偏差,最终形成覆盖煤田全生命周期的高效勘查技术体系。

## 5 结束语

煤田地质勘查技术历经发展,已形成多元技术体系,在煤炭开发中发挥关键作用。面对现存技术瓶颈,需持续创新,从理论、体系、装备等多方面优化。通过深化理论研究、构建一体化网络、推动装备升级、完善评估体系等举措,提升勘查精度与效率,降低对环境的影响,推动煤田地质勘查工作向更高效、精准、环保方向迈进,为煤炭资源合理开发利用提供坚实保障。

### 【参考文献】

- [1]邓楠,杨艳萍,张亚妮,等.地质勘查技术在煤田勘探过程中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2024(5):190-192.
- [2]陈碧华.地质勘查技术在煤田勘探过程中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2023(6):178-180.
- [3]王明霄.地质勘查钻探技术应用[J].中国金属通报,2025(8):170-172.
- [4]马雪峰.浅析新形势下矿山水工环境地质勘查技术及具体应用[J].中国金属通报,2024(11):138-140.