

地质勘探技术在煤田勘探过程中的应用

李亚微

山西省煤炭地质一一五勘查院有限公司

DOI: 10.32629/jpm.v7i3.8797

[摘要] 煤田勘探是煤炭资源开发的前置核心环节，旨在精准查明煤炭储量、地质构造、煤层赋存条件及伴生灾害隐患，为煤矿规划、设计、安全开采提供科学依据。地质勘探技术作为煤田勘探的核心手段，随着测绘、物探、钻探、遥感等技术迭代升级，已形成多技术融合、立体化勘探的新格局。本文立足煤田勘探工作流程，阐述地质勘探技术在煤田勘探过程中的应用意义与目的，剖析不同技术在煤田勘探各阶段的实际应用，同时指出当前技术应用存在的问题及优化方向，为提升煤田勘探精度、保障煤炭资源高效安全开发提供参考。

[关键词] 地质勘探；煤田勘探；应用

Application of Geological Exploration Technologies in Coalfield Exploration

Li Yawei

Shanxi Coal Geology No.15 Exploration Institute Co., Ltd.

[Abstract] Coalfield exploration serves as the foundational core stage in coal resource development, aiming to accurately determine coal reserves, geological structures, coal seam occurrence conditions, and associated disaster risks, thereby providing scientific basis for mine planning, design, and safe mining operations. As the core methodology for coalfield exploration, geological exploration technologies have evolved through advancements in surveying, geophysical exploration, drilling, and remote sensing, forming a new paradigm of multi-technology integration and three-dimensional exploration. This paper examines the workflow of coalfield exploration, elucidates the significance and objectives of geological exploration technologies in exploration processes, analyzes practical applications of various technologies across different exploration phases, identifies current challenges in technology implementation and optimization directions, and offers references for enhancing exploration accuracy and ensuring efficient, safe coal resource development.

[Key words] geological exploration; coalfield exploration; application

引言

煤田是在同一地质时期形成的煤岩系分布区域，根据形成时期和位置，煤田可能位于地表或地下。通过地质勘探技术，可了解煤炭潜藏地区的地质情况，分析勘探区域是否存在煤炭资源，了解煤岩层结构类型，估测煤炭储量，掌握地下水化学特征，为煤炭采掘活动顺利进行提供依据。地质勘探需要由专业的勘探团队进行，并根据勘探内容和目的、勘探区域现场条件等选择合适的勘探技术，对煤炭资源分布位置和范围做好标记，根据开采需要进一步勘探煤层厚度、煤层地质，整理数据，提供完善且准确的勘察报告。地质勘探是煤田勘探和开采中重要的基础工作，需重视对勘探技术的应用研究。

1 地质勘探技术在煤田勘探过程中的应用意义

地质勘探技术是煤田勘探的核心抓手，贯穿煤炭资源开发全周期，其科学应用不仅是获取地质数据的基础，更是保障煤炭开发安全、提升资源利用效率、规避开采风险、支撑行业高质量发展的关键，核心应用意义体现在四大维度。其一，精准探明煤炭资源赋存情况，筑牢资源开发根基。通过钻探、物探、遥感等技术的协同应用，可精准查明勘探区内煤层埋深、厚度、分布范围、煤质特性及资源储量，明确可采煤层与边际煤层边界，杜绝盲目勘探、盲目开采，为煤炭资源的科学规划、合理开发提供真实可靠的第一手数据，避免资源浪费与低效开发。其二，精准排查地质灾害隐患，保障煤矿开采安全。煤田勘探阶段可借助电法勘探、地震勘探、水文监测等技术，提前探明

断层、陷落柱、含水层、瓦斯富集区、顶板破碎带等地质异常体，预判矿井水害、瓦斯突出、顶板垮塌等安全风险，为矿井设计、采掘布局、安全防护方案制定提供依据，从源头降低井下开采安全事故发生率，保障矿山生产安全。其三，优化矿井设计与施工方案，实现降本增效。依托精准的地质勘探成果，可结合煤层条件、地质构造合理选择井筒位置、采掘方式、通风排水系统，规避复杂地质区域，简化施工流程，减少井下工程返工、设备损耗；同时通过精细化储量核算与煤层分布解析，提升煤炭回采率，延长矿井服务年限，降低全周期开发成本，提升煤矿经济效益。其四，支撑煤矿智能化与绿色化转型，契合行业发展趋势。高精度地质勘探数据是构建透明地质平台、实现智能化开采的核心基础，三维地震勘探、数字化建模等技术成果，可直接对接智能化采煤机、液压支架等装备的调控需求，助力无人工作面、智能采掘系统落地；同时勘探过程中可同步查明矿区生态地质条件，为煤炭开发过程中的生态修复、水土保持、绿色开采提供支撑，推动煤炭行业绿色低碳、智能化高质量发展。

2 地质勘探技术在煤田勘探过程中的应用目的

2.1 了解勘探区域的地下水文地质条件

煤田开采前需要研究地下水文条件，主要是含煤岩层含水特性。一般弱含水层对煤矿矿床影响不大，而以断裂层为主的闭合面具有一定充水性，对于煤矿矿坑充水会产生影响。煤炭矿床底座岩石构成特性使煤炭分布的某些区域具有一定防渗性，可以避免开采时地下或地面水汇入矿井引发安全事故。若降雨量较大，地下水位升高，会导致煤田地下地壳裂缝或古洞中生成裂隙水、古洞地下水，造成煤炭开采时突水风险较高，因而需要全面了解水文地质条件，为煤矿建立排水、降水方案提供参考，确保煤炭企业运营安全。

2.2 了解勘探区域地质结构条件

不同类型的地质结构会产生不同矿产资源，包括地层构造、岩石类型和分布情况，通过地质勘探掌握这些地质结构条件，可以明确矿产类型、煤矿等资源分布情况，对于煤矿开采效率和安全具有重要意义。因此，在勘探工作中，不仅要掌握水文地质条件，还要深入研究岩石结构。岩石按照硬度一般可分为松散软弱型、半硬质型和坚硬型，据统计，我国大部分煤田岩层中的岩石以半硬质型和坚硬型为主，且位于一定的深度，煤田岩层较为稳定，开采过程中也不易出现结构失稳现象。但是部分区域可能存在裂缝或大量细砂质岩土，必须进行适当防护才能维持稳定。因此，需要在前阶段通过合适的地质勘探技术详细了解煤田待开采区域的地下岩石分布类型和范围、岩石风化状况，指导制定开采技术方案，明确防护方式。

3 地质勘探技术在煤田勘探过程中的应用类型

3.1 钻探工程技术

钻探工程技术是煤田勘探中最直接、最可靠的“直接勘探”手段，被誉为煤田勘探的“金标准”，通过钻机向地下钻进，获取岩芯、煤芯实物样品，直接测定煤层埋深、厚度、煤层、岩层结构等地质参数，是验证物探成果、获取精准数据的关键环节。该技术主要适用于煤田详查与勘探阶段，可直接采取煤样进行工业分析、发热量、灰分、硫分等煤质指标检测，精准确定煤层位置与可采范围，查明断层、含水层等地质异常体。常用的钻探方法有岩心钻探、无岩心钻探、定向钻探等，其中定向钻探技术可实现斜孔、水平孔钻进，适配深部煤层、复杂构造区的勘探需求，弥补常规垂直钻探的局限性。在实际应用中，钻探需结合勘探阶段合理布设钻孔密度，勘探阶段钻孔间距需严格控制，确保全面控制煤层变化，同时对钻探样品进行规范化封存、检测，保证数据真实性。

3.2 地球物理勘探技术

地球物理勘探技术基于不同地质体的物理性质差异（密度、磁性、电性、波速等），通过地面、井下仪器探测物理场变化，间接推断地下地质结构，具有效率高、覆盖面广、成本低、无破坏性的优势，是煤田大面积快速勘探的首选技术，广泛应用于预查、普查、详查全阶段，核心包含地震勘探、电法勘探、测井技术三大类。地震勘探是煤田物探中精度最高的技术，通过人工激发地震波，接收波的反射、折射信号，解析地下地层与构造分布。主要用于查明煤田断层、褶皱、陷落柱等地质构造，精准圈定煤层边界与埋深，三维地震勘探技术可构建地下三维地质模型，清晰呈现煤层空间分布形态，是复杂构造煤田、深部煤田勘探的核心技术，勘探精度可达米级，能有效识别小断层、微构造，为煤矿智能化开采提供透明地质数据。电法勘探基于地质体的电性差异，分为直流电法、交流电法、电磁法等，主要用于煤田水文地质勘探与瓦斯富集区探测。可精准查明地下含水层分布、富水区域、导水断层，有效排查矿井水害隐患；同时可间接探测瓦斯含量异常区域，为煤矿瓦斯防治提供依据，适配浅部煤层与复杂水文地质条件的煤田勘探。测井技术是钻探配套的关键物探技术，将测井仪放入钻孔内，通过探测岩层的电阻率、自然伽马、声波等参数，无需提取岩芯即可判断煤层厚度、煤质优劣、岩层分界，识别含水层、破碎带，弥补钻探取芯成本高、效率低的短板。常用于煤层厚度精细划分、煤质快速评价、钻孔地质剖面绘制，与钻探技术形成互补，提升勘探效率与数据完整性。测井技术是钻探配套的关键技术，将测井仪放入钻孔内，通过探测岩层的电阻率、自然伽马、声波等参数，无需提取岩芯即可判断煤层厚度、煤质优劣、岩层分界，识别含水层、破碎带，弥补钻探取芯成本高、效率低的短板。常用于煤层厚度精细划分、煤质快速评价、钻孔地质剖面绘制，与钻探技术形成互补，提升勘探效率与数据完整性。

3.3 遥感地质勘探技术

遥感勘探技术依托卫星、无人机搭载遥感设备，获取地表影像、光谱数据，通过解译分析地表地貌、地层露头、构造形迹，快速圈定潜在含煤区域，具有宏观性强、勘测范围广、成本低的特点，主要适用于煤田预查、普查阶段。针对地形复杂、交通不便的偏远煤田，遥感技术可快速完成区域地质填图，识别地表断层、褶皱等构造，初步判断煤层赋存趋势，大幅减少野外勘探工作量。近年来，高分辨率遥感、无人机遥感技术的应用，进一步提升了地表地质解译精度，可与地面物探、钻探技术结合，构建“空-地”一体化勘探模式。

3.4 数字化与智能化勘探技术

随着数字化技术的普及，煤田勘探逐步向智能化、可视化转型，核心技术包括地质三维建模、大数据分析、透明地质平台等。通过整合钻探、物探、遥感获取的海量地质数据，构建煤田三维地质模型，直观呈现煤层、构造、含水层的空间分布，实现地质数据的可视化管理与定量分析。智能化勘探技术可对勘探数据进行深度挖掘，自动识别地质异常、精准核算资源储量，评估开采技术条件，为煤田勘探成果研判、矿井设计提供数字化支撑。同时，物联网、智能监测设备的应用，实现了勘探过程的实时监控与数据自动传输，提升勘探作业的规范化与高效化。

4 地质勘探技术应用中存在的问题

4.1 复杂地质条件对勘探技术的适配性与精度制约明显

在深部煤层、极复杂构造区、高山密林以及地形崎岖的偏远矿区，常规物探信号易受岩层、地形干扰，导致数据解译误差增大、勘探结果失真；深部钻探施工面临岩层坚硬、孔壁坍塌、钻进难度大等难题，不仅勘探效率低下，还难以获取完整的岩芯与煤芯样品，直接影响地质数据的准确性，无法满足高精度勘探需求。

4.2 多技术融合不足且数据整合利用效率偏低

当前煤田勘探多采用多种技术协同作业，但各类勘探数据缺乏统一的整合标准与共享机制，钻探、物探、遥感等多源数据相互割裂，形成数据孤岛；部分勘探单位重技术操作、轻数据分析，对海量勘探数据的深度挖掘不够，成果解译主观性较强，难以实现多技术成果的相互验证、互补优化，降低了整体勘探成果的可靠性。

4.3 智能化与数字化技术应用深度不够

虽然数字化、智能化勘探技术已逐步推广，但多数勘探单位仍停留在基础数据录入、简单建模层面，地质三维建模、大数据分析、透明地质平台等高端技术的应用流于形式；智能化设备操作、数据智能解译、自动储量核算等功能未充分落地，勘探成果难以直接对接煤矿智能化开采的地质数据需求，传统勘探模式与现代智能化建设脱节。

5 地质勘探技术在煤田勘探过程中的应用建议

5.1 构建全流程技术融合体系，打破单一技术应用局限

立足煤田勘探全周期需求，整合遥感、物探、钻探、数字化建模等技术优势，形成“空中遥感普查—地面物探精查—钻探工程验证—数字化建模分析”的一体化勘探流程。针对复杂地质区域，灵活组合三维地震、定向钻探、电法勘探等技术，通过多技术成果的相互印证与补充，解决单一技术在深部勘探、构造复杂区勘探中的精度短板，全面提升勘探成果的可靠性与完整性。

5.2 实施动态化勘探方案设计，平衡勘探成本与数据质量

摒弃传统固定化的勘探方案模式，根据煤田地质复杂程度的实时研判结果，动态调整技术参数与勘探密度。在煤层稳定、构造简单的区域，适当降低勘探密度，控制勘探成本；在断层发育、煤层赋存不稳定的重点区域，加密钻孔布设、提升物探精度，确保关键地质信息不遗漏。同时，建立勘探过程中的实时反馈机制，依据前期勘探成果及时优化后续勘探部署，避免过度勘探或勘探不足的问题。

5.3 推进勘探数据标准化管理，释放数据核心价值

建立统一的煤田勘探数据标准体系，明确钻探、物探、遥感等多源数据的采集格式、存储规范与共享接口，打破数据孤岛。搭建一体化地质数据管理平台，实现勘探数据的集中存储、分类管理与可视化展示，运用大数据分析、人工智能算法对海量数据进行深度挖掘，自动识别地质异常规律、精准核算资源储量，减少人工解译的主观性，让数据成为支撑勘探决策、矿井设计的核心依据。

结束语

煤田勘探、开采等工作复杂且持续周期较长，前期需要进行大量准备。采用合适的地质勘探技术，可以有效了解勘探区域的地质结构、水文条件和煤层地质状态，确保煤田开采、生产经营等活动的安全。随着科学技术快速进步，涌现出越来越多的地质勘探技术，充分掌握并合理应用这些先进技术是煤炭企业和勘察单位保障稳定发展的必然要求。

[参考文献]

- [1]杜诚斌.煤田地质勘探技术及特点[J].华北自然资源, 2020(01): 64-65.
- [2]任鹏飞.论煤田水文地质问题和勘探技术方法[J].工程建设与设计, 2020(15): 73-75.
- [3]邹云超, 李成磊, 田根国.浅析煤田地质勘探的现状与发展趋势[J].西部探矿工程, 2020, 28(06): 105-107.
- [4]陆萍.遥感技术在地质找矿中的应用及发展前景[J].世界有色金属, 2020(02): 72+75.
- [5]张馨.探析煤田地质勘探技术的发展及应用[J].石化技术, 2020, 27(12): 229-230.