

煤田地质勘探的主要技术方法

孟小凤

山西省煤炭地质一一五勘查院有限公司 山西 大同 037003

摘要: 煤炭作为重要能源,其资源的精准勘探对能源安全与开发效率至关重要。本文围绕煤田地质勘探展开研究,阐述了煤田形成的地质条件与地质构造特征,为勘探提供理论基础。详细分析了五大主要技术方法:地质填图技术明确比例尺与野室内工作流程,物探技术(地震、电法、重力磁法)利用物理性质探测,化探技术通过样品分析推断煤层状态,钻探技术(岩心、冲击钻探)直接获取地下数据,遥感技术提供宏观支持。最后探讨技术综合应用,包括目标与技术匹配、多技术协同流程及数据整合优化,为煤田地质勘探提供系统的技术参考与实践指导。

关键词: 煤田地质勘探; 主要技术方法; 综合应用

引言: 煤田地质勘探要依托科学理论与先进技术,才能准确把握煤田分布、煤层赋存及地质构造情况。当前单一勘探技术难以满足复杂地质条件下的勘探需求,且随着勘探难度增加,对技术方法的系统性与综合性要求不断提升。基于此,本文梳理煤田地质勘探的基础理论,明确煤田形成与构造的核心要素,再剖析各类主流勘探技术的原理与操作流程,最后研究技术综合应用策略,旨在构建完整的煤田地质勘探技术体系,推动勘探效率与精度提升。

1 煤田地质勘探基础理论

1.1 煤田形成的地质条件

煤田的形成依赖特定且复杂的地质条件,核心是植物遗体的大量堆积与后续成煤作用的有序进行。(1)充足的植物来源。在古生代石炭纪至中生代侏罗纪、新生代第三纪等成煤期,温暖湿润的气候为陆生高等植物(如石炭纪的蕨类植物、侏罗纪的裸子植物)提供了良好生长环境,形成广阔的森林或沼泽植被带,为成煤积累了丰富的有机质。(2)适宜的沉积环境。大型内陆湖泊、河流三角洲及滨海沼泽等低洼地带,能持续接纳植物遗体并形成泥炭层,同时避免遗体因暴露氧化而分解。(3)地壳运动的稳定沉降。缓慢且持续的地壳下沉使泥炭层不断被沉积物覆盖,在压力和温度作用下,历经泥炭化、褐煤化、烟煤化直至无烟煤化的成煤过程,最终形成具有工业价值的煤田。

1.2 煤田地质构造特征

地质构造是控制煤田形态、分布及煤层赋存状态的核心因素,直接影响煤田勘探方向与开发难度,其构造特征如下:(1)从宏观尺度看,煤田多赋存于大型沉积盆地内,如我国华北石炭-二叠纪煤田位于华北克拉通盆地,盆地的边界构造(如断裂带、隆起区)决定了煤田

的整体分布范围。(2)从微观构造来看,褶皱和断裂是最主要的表现形式:褶皱构造会使煤层呈现波状起伏,背斜部位煤层埋藏较浅但易受风化破坏,向斜部位则利于煤层保存且厚度可能增厚;断裂构造(包括断层和节理)对煤层的破坏更为直接,正断层易导致煤层断失、厚度减薄,逆断层可能使煤层重复叠置或埋藏加深,而节理则会增加煤层的透气性,影响后续开采中的瓦斯抽采与水害防治。(3)区域性的岩浆活动也会改变煤田地质构造,岩浆侵入可能导致煤层变质程度升高、结构破坏,形成无煤带或劣质煤区,这些特征均需在勘探中重点识别与分析^[1]。

2 煤田地质勘探主要技术方法

2.1 地质填图技术

地质填图技术核心是通过野外实地观测、数据采集与室内资料分析,绘制反映煤田区域地质特征的图件,主要方法如下:(1)比例尺确定。实施前需匹配勘探阶段明确比例尺,区域普查用1:5万-1:20万,详查用1:1万-1:5万,精查用1:2000-1:1万。(2)野外工作。技术人员按预设路线调查,路线结合地形与地质条件,可平行或垂直地层走向。观测点需记录地层岩性、厚度、产状(走向、倾向、倾角),煤层露头位置、厚度、结构,采集岩样与煤样;同时记录断层、褶皱的性质、规模、产状及相互关系。(3)室内工作。整理野外数据与标本,结合区域地质、物探化探成果,用MapGIS、ArcGIS等软件绘制地质图、剖面图、煤层底板等高线图,反复校验数据确保图件准确,为后续勘探提供地质框架。

2.2 物探技术

物探技术利用地质体物理性质(密度、磁性、电性、弹性波速度等)差异,通过仪器探测物理场信息推断煤田特征,应用广泛,主要包括:(1)地震勘探。

以弹性波传播规律为基础。野外数据采集时,布置震源(炸药震源、可控震源等)与检波器,检波器按单边排列、中间激发排列等方式埋置,严格控制震源能量、检波器埋置质量及道间距、炮检距等参数,保障数据信噪比与分辨率。数据处理阶段,对原始数据做滤波、去噪、校正等预处理,再经叠加、偏移处理生成地震剖面图;最后结合地质资料解释,确定煤层深度、厚度、分布范围,识别断层与褶皱。(2)电法勘探。依据岩煤电性差异(电阻率、极化率)工作,分直流电法与交流电法。直流电法中高密度电法应用较广,通过测线布置多对电极,测量不同间距视电阻率获取电性剖面,按勘探目标确定温纳排列、偶极排列等方式及电极间距。交流电法(如电磁法)分地面、航空两类,通过发射线圈发射交变电磁场,接收线圈接收二次电磁场信号,依信号幅度、相位推断地质体分布,适用于探测煤田水文地质条件与煤层赋存状态。(3)重力与磁法勘探。重力勘探基于地质体密度差异,用重力仪测重力场变化获取异常数据。野外先建基点网确定基准值,按测网测量并做地形、布格校正;室内对异常数据分离、延拓,结合地质资料推断地下密度界面起伏,为区域构造研究提供依据。磁法勘探利用岩煤磁性差异,用磁力仪测地磁场变化获取异常数据,流程与重力勘探类似,需建磁测基点、做日变与地形校正,通过异常分析识别岩浆岩等磁性地质体,辅助判断煤田构造边界^[2]。

2.3 化探技术

化探技术通过系统采集煤田区域岩石、土壤、水、气体样品,分析煤相关化学元素(碳、氢、硫、微量元素)或化合物含量与分布,推断煤层赋存状态与地质条件,主要包括四类测量:(1)岩石地球化学测量:在煤田露头、钻孔岩心处采样,按一定密度与深度采集保证代表性,样品经破碎、研磨、缩分预处理后,用原子吸收光谱仪、电感耦合等离子体质谱仪分析元素含量,依含量变化辅助判断煤层分布与变质程度。(2)土壤地球化学测量。在地表按测网采样,深度0-50cm避免表层干扰,样品预处理后分析相关元素含量,绘制异常图圈定煤层相关区域,为寻找隐伏煤层提供线索。(3)水地球化学测量:采集地下水、地表水样品,分析 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 等离子含量与pH值,依水化学特征变化推断水文地质条件与煤层赋存,判断煤层是否受地下水溶蚀或氧化。(4)气体地球化学测量:采集土壤气、煤层气样品,分析甲烷、二氧化碳等气体含量与同位素组成,通过异常辅助判断煤层透气性、瓦斯含量及分布范围。

2.4 钻探技术

钻探技术是直接获取地下地质资料的核心手段,通过设备钻进钻孔采集岩心、岩屑,测量钻孔数据,为煤层储量计算、构造验证提供依据,主要包括两类:(1)岩心钻探。岩心钻探是煤田勘探中应用最广泛的钻探类型,其关键是获取完整的岩心样品。实施前,需根据勘探目标与地质条件进行钻孔设计,确定钻孔的位置、深度、方位角、倾角等参数,钻孔布置需遵循“由疏到密、由浅到深”的原则,确保能有效控制煤层的分布与地质构造。钻探设备选型需结合钻孔深度与地层硬度,浅孔钻探可选用轻型钻机(如XY-1型钻机),深孔钻探则需选用重型钻机(如XY-4型钻机)。钻进过程中,需根据地层岩性选择合适的钻进方法(如回转钻进、冲击回转钻进)与钻头类型(如金刚石钻头、硬质合金钻头),同时控制钻进参数(如钻压、转速、泵量),确保钻进效率与岩心采取率。岩心采集与编录是岩心钻探的核心环节,岩心采取率需满足规范要求(煤层岩心采取率一般不低于80%,岩石岩心采取率一般不低于60%)。采集的岩心需按顺序编号、装箱,详细记录岩心的长度、岩性、煤层位置与厚度等信息,绘制钻孔柱状图。同时,需在钻孔不同深度采集煤样、岩样,进行实验室分析,获取煤质、岩石物理力学性质等数据。

(2)冲击钻探。冲击钻探适用于松散地层或第四系覆盖层较厚的煤田区域,其原理是通过钻具的冲击作用破碎地层,获取岩屑样品。常用的冲击钻探设备有冲击式钻机、振动钻机等。钻进时,钻具在重力或振动作用下冲击地层,将地层破碎后,通过钻杆内的泥浆或清水将岩屑携带至地表。冲击钻探的优势是钻进速度快、设备简单,适用于浅层地质勘探。在煤田勘探中,冲击钻探常用于前期区域普查,圈定煤层可能分布的区域,为后续岩心钻探提供依据。

2.5 遥感技术

遥感技术利用卫星、飞机等平台传感器获取煤田遥感图像,解译分析提取地质信息,提供宏观快速支持,主要包括两类:(1)光学遥感。通过传感器接收地物反射的可见光、近红外、热红外电磁波形成图像,常用Landsat、SPOT、高分系列卫星,按勘探需求选不同分辨率数据。图像解译遵循“先整体后局部、先宏观后微观”原则,先依色调、纹理、形状识别盆地、隆起、断裂带等大尺度构造,再结合地质资料详化解译,识别地层分布、岩性差异及煤层露头可能位置;可结合目视解译(依赖经验)与计算机解译(用ENVI、ERDAS软件提特征)提高效率与准确性。(2)微波遥感。通过传感器发射并接收地物反射或散射的微波形成图像,微波可穿

透云层、不受天气影响、昼夜工作,适用于多云多雨区域,常用ERS-1/2、Radarsat-1/2等SAR系列卫星。解译重点利用微波极化、干涉特性,分析后向散射系数区分岩性、识别松散沉积物与基岩边界;用InSAR技术测地表微小形变,辅助判断煤田构造稳定性;还可监测植被覆盖,为成煤环境分析提供参考^[3]。

3 煤田地质勘探技术方法的综合应用

3.1 明确勘探目标与技术特性匹配

煤田地质勘探技术的综合应用,首先以具体勘探目标为出发点,精准匹配各技术的功能特性。不同勘探任务对数据精度、探测范围的要求不同,如区域资源普查需快速覆盖大范围区域,而矿井建设前期勘探需细化煤层结构与构造细节。同时清晰掌握各技术的优势与局限:遥感技术可实现宏观区域地质信息快速获取,但难以捕捉地下微观构造;物探技术能探测地下地质体分布规律,却需地面数据验证;钻探技术可直接获取地下岩心样本,却存在成本高、效率低的问题。基于此,综合应用需先明确“目标需求—技术能力”的对应关系,避免技术选择盲目性,为后续组合应用奠定基础,确保每类技术在勘探流程中发挥核心作用,而非简单叠加。

3.2 多技术协同联动流程

技术综合应用遵循“从宏观到微观、从间接探测到直接验证”的协同逻辑,形成完整的勘探链条。(1)以遥感技术与小比例尺地质填图为开端,通过遥感图像解译区域地形、地层分布及大型构造轮廓,结合地质填图补充地表地质信息,初步圈定煤田潜在分布区域,为后续勘探划定范围。(2)引入物探与化探技术开展中观探测:利用地震勘探查明地下煤层埋深与宏观构造形态,电法勘探辅助判断水文地质条件,重力、磁法勘探补充区域地质构造背景;同时通过化探技术采集岩石、土壤、气体样品,分析化学元素分布特征,圈定与煤层相关的异常区域,进一步缩小重点勘探区块。(3)以钻探技术作为微观验证手段,在物探、化探异常区布置钻孔,获取岩心样本与钻孔地质数据,验证前期探测结果的准确性,完善煤层厚度、煤质、构造细节等关键信

息,形成“宏观圈定—中观聚焦—微观验证”的技术协同体系。

3.3 数据整合与流程优化

多技术综合应用的高效推进,要依托数据整合机制与流程优化措施。在数据管理方面,建立标准化数据整合体系,将遥感图像、物探数据、化探分析结果、钻探编录数据等纳入统一数据库,利用专业地质软件实现数据的空间叠加与关联分析,消除不同技术数据间的格式差异与信息孤岛,确保数据可交叉校验,提升地质解释的准确性。在流程优化方面,需建立动态调整机制,根据前期技术应用成果实时优化后续方案,如当地质填图发现地表构造与遥感解译不符时,及时补充物探探测验证;当物探异常区经钻探验证与预期不符时,调整化探采样范围与分析指标。同时平衡技术应用成本与效率,优先采用低成本、高效率的技术完成大范围筛查,再针对性使用高成本、高精度技术开展重点区域探测,在保证勘探质量的前提下控制成本投入,提升综合应用效益^[4]。

结束语:本文系统构建了煤田地质勘探的理论与技术体系,明确了煤田形成的地质条件与构造特征是勘探的理论基石,五大主要技术方法各有优势且需针对性应用,而技术的综合应用需通过目标匹配、协同联动与数据整合实现效能最大化。该研究为煤田地质勘探提供了清晰的技术路径,可有效指导实际勘探工作,提升勘探的精准性与经济性。

参考文献

- [1]武松.地质勘探及主要技术手段研究[J].世界有色金属,2020(3):230,232.
- [2]陈健.煤田地质勘探及主要技术手段分析[J].中国科技期刊数据库工业A,2020(6):324-324.
- [3]李克,李春卿.煤田地质勘探及主要技术手段研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2020(9):00115-00116.
- [4]张金刚.煤田地质勘探技术及特点[J].建筑工程技术与设计,2020(23):514.