

基础地质工程与地质勘察应用研究

乔朋超

郑州煤电股份有限公司芦沟煤矿 河南 郑州 452370

摘要：随着煤炭等资源开发向深部与复杂地质区域拓展，基础地质工程与地质勘察应用研究愈发关键。本文系统剖析地质工程基本原理及其与环境相互作用，梳理传统与现代地质勘察技术，探究多技术融合勘察模式。明确不同阶段与场景的勘察重点，推动成果有效转化。同时，直面当前挑战，展望智能化、深部化及标准化等未来发展方向，为资源安全开发提供支撑。

关键词：基础地质工程；地质勘察；应用

引言：在资源需求持续增长与开发环境日趋复杂的背景下，基础地质工程作为资源开发的重要支撑，其稳定性与安全性备受关注。地质勘察作为揭示地下地质信息、评估工程地质条件的关键手段，对于保障工程安全、优化设计方案具有不可替代的作用。本文旨在深入研究基础地质工程与地质勘察的应用，探讨其理论方法、技术体系及实践优化，以期资源开发提供科学、精准的地质保障。

1 基础地质工程理论与方法

1.1 地质工程基本原理

(1) 地质体稳定性分析理论以岩体力学和土力学为核心基础。在煤矿工程中，岩体力学重点研究煤层顶底板岩体的物理力学特性，如砂岩、泥岩顶底板的抗压强度、抗剪强度，分析采动影响下顶底板的变形、垮塌规律，为煤矿巷道支护设计提供依据；土力学则针对煤矿井田内的松散土层，探究其压缩性、渗透性，如分析第四系松散层对井筒建设的影响，判断井筒开挖时是否需采取降水、支护措施。(2) 工程地质条件分类与评价标准是工程建设的重要参考。煤矿工程中，分类需结合煤层赋存条件、地层岩性（如煤层厚度、顶底板岩性）、地质构造（如断层、褶皱）、水文地质条件（如含水层分布、涌水量）等；评价标准围绕煤矿开采安全性展开，例如通过评估断层导水性确定井田边界，判断煤层开采是否面临突水风险，保障煤矿生产安全。

1.2 地质工程与环境的相互作用

(1) 煤矿工程活动对地质环境的扰动显著。在地下水方面，煤矿开采疏干排水会破坏地下水文循环，导致井田内地下水位下降，引发地面沉降，如华北部分煤矿区因长期疏干排水，出现大面积地面塌陷；对边坡稳定性而言，煤矿排土场堆载改变原有地形，若堆载坡度不合理，易诱发排土场滑坡。(2) 针对煤矿区常见地质灾

害，工程防控需精准施策。煤矿滑坡（排土场、采空区塌陷诱发滑坡）防控需结合边坡监测与加固，如设置位移监测点，采用抗滑桩加固排土场边坡；煤矿突水防控注重水文地质勘察与疏水降压，如通过钻探查明含水层分布，在采掘工作面超前布置疏水钻孔；地面塌陷防控则需控制开采强度，采用充填开采技术，减少采空区对地表的影响^[1]。

1.3 典型地质工程案例

(1) 煤矿巷道工程常面临断层破碎带问题，处理时需先通过物探、钻探明确破碎带范围、岩性及导水性，再采用超前支护技术，如锚杆+锚索联合支护，加固破碎带岩体，防止巷道开挖时坍塌；若破碎带导水性强，需配合注浆封堵，降低突水风险。(2) 煤矿井筒地基处理中，针对深厚松散层地质条件，常用冻结法或钻井法施工，冻结法通过冻结管将松散层冻结成坚固冻土壁，保障井筒开挖安全；钻井法则直接钻出井筒，再下沉预制井壁，适用于不稳定松散地层，确保井筒能承受上部荷载与地下水压力，满足煤矿提升、通风需求。

2 地质勘察技术体系与应用

2.1 传统地质勘察方法

(1) 工程地质测绘与调查在煤矿勘察中尤为关键，工作人员需实地踏勘井田范围，结合地质图件，记录煤层露头、地层岩性、断层走向等信息，划分井田地质单元，识别潜在地质问题，如圈定褶曲形态，确定煤层赋存深度变化，为煤矿井田划分、采区布置提供基础资料。(2) 钻探取样与原位测试是煤矿勘察获取关键参数的核心手段。钻探取样需针对性采集煤层样品（分析煤质成分、发热量）、顶底板岩芯（测试力学参数）；原位测试中，在煤矿井田内开展静力触探，可判断松散土层的承载力，为井筒选址提供依据；标准贯入试验则用于评估砂土密实度，判断煤矿井下采掘工作面是否面临砂土液化风险，为

支护设计提供数据支撑。

2.2 现代地质勘察技术

(1) 地球物理勘探在煤矿勘察中应用广泛。地震波法可精准探测煤层厚度、埋藏深度及断层分布,如通过三维地震勘探圈定井田内落差大于5米的断层;电阻率法依据不同岩土层电阻率差异,探测煤矿井田内的含水层、溶洞,判断采掘工作面突水风险;电磁法可穿透煤层,探测深部地质构造,如探测井田边界外的隐伏断层,为煤矿资源扩储提供参考。(2) 遥感与地理信息系统(RS-GIS)技术提升煤矿勘察效率。RS技术通过卫星影像快速识别煤矿区地表塌陷范围、排土场分布,监测矿区生态环境变化;GIS技术整合煤矿勘察数据(地质图、钻孔数据、物探成果),构建煤矿地质信息系统,实现煤层赋存、断层分布的可视化表达,辅助煤矿采区规划、巷道布置决策^[2]。(3) 三维地质建模与可视化技术在煤矿工程中作用突出。基于煤矿勘察数据(钻孔、物探成果),构建井田三维地质模型,直观展示煤层空间分布、顶底板岩性变化、断层走向,可模拟煤矿开采过程中顶底板的变形趋势,预测采空区范围,为煤矿开采方案优化、灾害防控提供直观参考。

2.3 多技术融合的勘察模式

(1) “空-天-地”一体化勘察体系在煤矿勘察中优势明显。天上通过卫星遥感获取井田大范围地质信息,识别地表地质构造痕迹;空中利用无人机航拍细化井田局部地形,如拍摄煤层露头、断层出露点;地面结合钻探、物探(地震勘探、电法勘探)验证,形成全方位勘察网络,如在大型煤矿井田勘察中,快速查明煤层分布、断层发育情况,为矿井设计提供全面地质资料。(2) 大数据与人工智能助力煤矿勘察数据解析。大数据技术整合煤矿历史勘察数据(钻孔数据、开采地质资料),挖掘煤层厚度变化规律、断层发育特征;人工智能算法如机器学习,可自动识别地震勘探数据中的断层异常,从海量物探数据中快速定位隐伏断层、含水层位置,提高煤矿勘察数据处理效率,减少人为误差,为煤矿开采安全保障。

3 地质勘察在基础地质工程实践中的优化应用

3.1 勘察阶段划分与任务

(1) 煤矿项目可行性研究阶段勘察重点在于查明井田地质条件,为矿井立项与开采方案比选提供依据。需通过区域地质调查、遥感解译结合少量钻探,明确井田内煤层赋存概况(厚度、埋藏深度)、主要地质构造(如断层、褶皱)、水文地质条件(含水层分布、涌水量估算),初步识别突水、塌陷等风险。例如在新建煤矿项目

中,此阶段需对比不同开采方案(立井开拓、斜井开拓)的地质适宜性,避开高突水风险区域,为开拓方案优化提供支撑,同时估算勘察工作量与成本。(2) 煤矿初步设计与施工图设计阶段勘察要求精细化。初步设计阶段需加密勘察点,深入分析煤层顶底板岩体力学参数(如抗压强度、弹性模量)、煤层瓦斯含量,确定井筒位置、巷道支护形式,例如在高产高效煤矿设计中,需明确主采煤层的顶底板稳定性,为综采工作面布置提供依据;施工图设计阶段则针对具体采掘工程(如井筒、综采工作面)开展专项勘察,详细查明局部地层分布(如井筒穿越的松散层厚度)、地下水埋藏深度与渗透系数,为井筒施工工艺(如冻结深度确定)、综采工作面支护参数调整提供精准数据^[3]。

3.2 不同工程场景的勘察策略

(1) 煤矿岩土工程勘察需聚焦开采需求。煤矿井筒勘察需重点关注松散层厚度、岩性及含水层分布,通过钻探、原位测试(如标准贯入试验)获取松散层承载力、渗透性,判断井筒施工是否需采用冻结法、钻井法;煤矿巷道勘察需查明巷道沿线的断层、裂隙发育情况,测试顶底板岩体强度,为巷道支护设计(如锚杆间距、锚索长度)提供参数;综采工作面勘察则需精确探测煤层厚度变化、夹矸分布,分析顶底板垮塌步距,为采煤机选型、支架参数确定提供依据。(2) 煤矿工程勘察与资源评估需兼顾资源储量与开采安全。勘察中需通过系统钻探、物探(三维地震)圈定煤层边界,计算资源储量(如可采储量)与煤质指标(灰分、硫分),同时查明开采区域的地质构造(如断层导水性)、水文地质条件(如奥陶系灰岩含水层水压)、瓦斯赋存情况(如瓦斯含量、压力)。例如在高瓦斯煤矿勘察中,需通过钻探采集瓦斯样品,测试瓦斯参数,为煤矿瓦斯抽采方案制定提供数据,确保资源开发与安全生产兼顾^[4]。(3) 煤矿区地质灾害防治勘察技术需针对性设计。煤矿采空区塌陷勘察需通过物探(如瞬变电磁法)查明采空区范围、积水情况,结合地表沉降监测数据,评估塌陷风险;煤矿突水勘察需重点探测含水层与煤层的水力联系,通过抽水试验确定含水层涌水量、渗透系数,为采掘工作面超前疏水方案提供依据;排土场滑坡勘察则需测试排弃物的物理力学参数(如内摩擦角、黏聚力),分析堆载坡度与稳定性的关系,为排土场设计与加固提供支撑。

3.3 勘察成果的工程应用转化

(1) 煤矿地质参数与工程设计参数的关联分析至关重要。需将勘察获取的煤层顶底板岩体强度、含水层水压等原始参数,通过力学计算、数值模拟,转化为工程

设计参数。例如在煤矿巷道支护设计中,根据勘察得到的顶底板岩体抗压强度、围岩松动圈范围,利用巷道支护理论计算锚杆锚固力、支护密度,确保支护方案能抵抗围岩压力;在煤矿突水防治中,依据含水层渗透系数、水压,计算疏水钻孔流量,确定超前疏水时间,保障采掘安全^[5]。(2)煤矿勘察成果对施工方案优化指导作用显著。若勘察发现采掘工作面存在隐伏断层,可及时调整开采顺序,提前布置探水钻孔,防止突水事故;在井筒施工中,若勘察查明松散层存在高水位含水层,可优化施工工艺,增加冻结管数量或延长冻结时间,避免井筒涌水、坍塌。同时,勘察成果可验证设计方案可行性,若实际煤层厚度比设计薄,可反馈设计方调整综采工作面长度,减少设备浪费与施工返工。

4 地质勘察与基础地质工程领域的挑战与展望

4.1 当前面临的挑战

(1)煤矿复杂地质条件下的勘察精度提升难度较大。在深部煤矿(埋深超1000米)、构造复杂煤矿区,地层压力大、地质构造多变,传统钻探易出现孔斜、岩芯采取率低的问题;地球物理勘探受深部地层干扰,难以精准识别小断层(落差小于3米)、薄煤层,导致勘察成果无法完全反映实际地质情况,影响煤矿开采设计。(2)煤矿绿色勘察技术推广不足。部分煤矿勘察仍采用传统泥浆钻探,泥浆废弃物若处理不当,会污染井田内土壤与地下水;而环保型钻探技术(如无固相钻井液钻探)成本较高,推广应用受限,难以满足煤矿区生态环保要求。(3)煤矿勘察成本与效率的平衡面临困境。为查明深部煤层、小断层,需增加钻探深度与物探工作量,导致成本上升;但部分煤矿为控制成本,减少勘察投入,可能遗漏关键地质隐患,如未查明小断层导水性,引发开采时突水事故,反而增加后续治理成本。

4.2 未来发展趋势

(1)煤矿智能化勘察装备研发将加速。智能煤矿钻机可集成实时地质参数采集(如岩芯自动识别、瓦斯浓度监测)功能,自动调整钻进参数,提高深部煤层钻探

效率与取样精度;地下无人探测机器人(如矿用探测机器人)可进入煤矿井下采掘工作面,探测隐伏断层、含水层,减少人员进入危险区域的风险。(2)煤矿深部地质勘察技术突破是重点。随着浅部煤炭资源枯竭,深部煤炭开采需求增加,需研发超深钻探设备(如千米级定向钻机)、高精度深部物探技术(如深部三维地震),突破现有勘察深度限制;同时,通过数值模拟技术,精准预测深部煤层开采时的地应力、瓦斯涌出量,为深部煤矿设计与安全开采提供技术支撑。(3)煤矿地质勘察标准化与国际化对接将逐步推进。国内需完善煤矿勘察技术标准,统一煤层厚度测量、断层识别、瓦斯参数测试等规范,确保勘察成果的通用性;同时,借鉴国际先进煤矿勘察经验,推动国内煤矿勘察标准与国际接轨,便于跨国煤矿项目合作,提升我国在全球煤矿地质勘察领域的竞争力。

结束语

基础地质工程与地质勘察应用研究,对于保障资源开发的安全高效意义重大。通过本文对相关理论、技术及实践的深入探讨,我们明确了不同地质条件下的勘察重点与工程应对策略。面对未来更复杂的开发挑战,需持续创新勘察技术、提升工程能力,强化成果转化应用,以更精准的地质服务,推动资源开发行业稳健前行。

参考文献

- [1]文人聪.工程地质勘察在基础工程设计与施工中的应用[J].中国金属通报,2024,(04):137-139.
- [2]岳小飞.基础地质工程与地质勘察应用研究[J].新疆有色金属,2022,45(05):9-11.
- [3]王奕莹,孙博,李桂俊.基础地质工程与地质勘查应用探讨[J].中国新通信,2020,22(07):233.
- [4]李亮.试论水文地质工程地质工作中基础地质调查的重要性[J].西部探矿工程,2022,34(07):177-178.
- [5]车正声.基础地质工程与地质勘查应用分析[J].世界有色金属,2021,(01):185-186.