

煤矿隐蔽致灾种类及探查研究

邹 军

山西省煤炭地质一一五勘查院有限公司 山西 大同 037003

摘要: 煤矿隐蔽致灾因素隐伏于煤体及其围岩,具隐蔽性等特征,形成原因分自然与人为两类。主要种类有地质构造、水文地质、瓦斯及人为活动类,各类因素特征不同,危害各异。探查需遵循全面普查、分区管理等原则,满足明确范围、精准确定位置等要求,并做好前期准备。物探技术利用地质体物理性质差异探测,钻探技术直接获取地质信息,化探技术借助地球化学性质差异识别,常组合使用,以提高探查准确性与全面性,为煤矿安全生产提供保障。

关键词: 煤矿;隐蔽致灾因素;致灾种类;探查技术

引言:煤矿安全生产关乎能源稳定供应与人员生命安全,隐蔽致灾因素是影响煤矿安全的关键。隐蔽致灾因素隐伏于煤体及其围岩内,具有隐蔽性、客观性、潜在性和关联性,其形成原因复杂,分自然形成与人为活动影响两类。自然因素源于地质演化,形成断层等致灾地质体;人为因素与过往采矿作业等有关,如废弃老窑等。煤矿隐蔽致灾因素种类多样,涵盖地质构造、水文地质、瓦斯及人为活动类。准确识别与探查这些因素,对制定灾害防控措施、保障煤矿安全生产意义重大。因此,需深入了解其种类、特征,掌握探查原则、要求及技术,为煤矿安全筑牢防线。

1 煤矿隐蔽致灾因素概述

煤矿隐蔽致灾因素是指隐伏在煤体及其围岩内,在矿山建设、生产过程中可能引发矿山灾害或诱发各类重大灾害的客观危险源,其核心特征体现为隐蔽性、客观性、潜在性及关联性。隐蔽性主要表现为致灾因素埋藏于地下,无法通过直观观察直接发现,需借助专业的探查技术与设备才能识别;客观性体现为致灾因素是地质演化、人为采掘活动等自然与人为过程中形成的客观存在,不受主观意志影响;潜在性指致灾因素在未达到临界条件时,不会直接引发灾害,但其危险状态始终存在,当外界条件发生变化时,易快速转化为显性灾害;关联性则表现为各类隐蔽致灾因素并非孤立存在,往往相互影响、相互作用,一种致灾因素的显现可能诱发其他类型的灾害,放大灾害危害程度。

煤矿隐蔽致灾因素的形成原因较为复杂,主要分为自然形成与人为活动影响两类。自然形成的隐蔽致灾因素源于地质演化过程,包括地层沉积、构造运动、岩浆活动等,形成了断层、褶曲、陷落柱、地下含水层等各类致灾地质体;人为活动形成的隐蔽致灾因素则主要与过往采矿作业、钻孔施工等相关,如废弃老窑、采空

区、封闭不良钻孔等,此类因素通过改变地下岩体结构、破坏隔水层完整性等,形成新的灾害隐患^[1]。

2 煤矿隐蔽致灾主要种类

2.1 地质构造类隐蔽致灾因素

煤矿地质构造类隐蔽致灾因素由自然地质运动形成,影响岩体稳定性,易诱发顶板灾害、冲击地压等,是分布广、影响普遍的致灾类别之一。核心种类有:(1)断层,是岩体受力断裂并相对位移形成,隐蔽性强,小型或隐伏断层常规手段难识别,断层破碎带岩体松散、稳定性差,易致巷道坍塌、顶板冒落,沟通地下含水层时还会诱发透水灾害;(2)褶曲分背斜与向斜,褶曲部位岩体受力集中、裂隙发育,顶板完整性受损,易发顶板灾害,且核部常为瓦斯富集区,增加瓦斯灾害风险;(3)陷落柱是地下岩体因溶蚀、坍塌等形成的柱状地质体,内部岩体松散、渗透性强,易引发透水、顶板坍塌等灾害,识别难度大;(4)导水裂隙带是煤层开采时顶板岩体受采动影响断裂形成,裂隙分布不规则、深度难精准判断,沟通地下含水层时会诱发水害。

2.2 水文地质类隐蔽致灾因素

水文地质类隐蔽致灾因素以地下水、地表水体及不良地质体中的水分为主,核心危害是诱发透水灾害,还会加剧岩体软化、降低稳定性,诱发其他灾害。其隐蔽性在于水体埋于地下、分布不明,或水分赋存于岩体裂隙、孔隙,难以精准探测。核心种类如下:(1)地下含水层,涵盖松散含水层、基岩含水层等,埋于地下不同深度,分布隐蔽,与采掘区域沟通会导致地下水涌入井下,引发透水灾害;(2)地表水体,如河流、湖泊、水库等,其隐蔽危害在于通过地下裂隙、断层等渗透至井下,隐伏的地下径流通道难识别,易形成突发性透水隐患;(3)离层水,赋存于岩层离层空间,离层空间隐蔽、分布不规则,采掘扰动会使离层水突然涌入井下,引发局部透水

灾害；（4）烧变岩，是煤层自燃后的变质岩体，内部裂隙发育、渗透性强，分布范围隐蔽，难精准界定，易成透水灾害潜在隐患^[2]。

2.3 瓦斯类隐蔽致灾因素

瓦斯类隐蔽致灾因素主要指赋存于煤体、岩体中的瓦斯，其核心危害是引发瓦斯爆炸、突出等灾害。其隐蔽性在于瓦斯分布不均，富集区域难精准识别，且赋存状态受地质条件影响大，易形成隐蔽隐患。核心种类有：（1）瓦斯异常区，指瓦斯含量、压力超出正常范围的区域，受地质构造、煤层厚度等因素影响，分布不规则，隐蔽性强，易发生瓦斯异常涌出；（2）瓦斯富集区，多分布于褶曲核部、断层破碎带、煤层厚度异常区域等，瓦斯在此聚集，含量高、压力大，采掘作业时若通风不良或支护不当，易引发瓦斯爆炸、突出等灾害；（3）应力集中区域，会使煤体结构破坏，瓦斯解析速度加快，形成隐蔽性的瓦斯异常涌出隐患，进一步增大灾害发生风险。

2.4 人为活动类隐蔽致灾因素

人为活动类隐蔽致灾因素，由过往煤矿开采、钻孔施工等人为活动遗留，隐蔽性突出。其隐患埋于地下，无明确记录标识，常规排查难以发现，且易受后续采掘作业扰动而引发灾害。核心种类如下：（1）废弃老窑（井筒）是过往采矿遗留设施，位置、范围记录缺失，内部可能积水、积瓦斯，井壁岩体松散，易出现坍塌、透水及瓦斯灾害；（2）采空区为煤层开采后的空洞区域，空洞分布不规则，顶板易冒落，采空区内积水、积瓦斯情况常见，构成重大安全隐患；（3）封闭不良钻孔是钻孔施工后封闭不达标所致，会成为地下水、瓦斯的渗透通道，隐蔽性强，易诱发透水、瓦斯灾害；遗留煤柱是采矿未采出的煤体，受力集中，易坍塌、自燃，还可能成为瓦斯富集载体，形成隐蔽性灾害隐患。

3 煤矿隐蔽致灾探查的基本原则与核心要求

3.1 探查基本原则

全面普查原则是煤矿隐蔽致灾探查的首要原则，要求探查工作覆盖煤矿全部开采区域及规划开采区域，全面排查各类隐蔽致灾因素，不遗漏任何潜在的危害隐患，确保探查工作的全面性，避免因局部探查导致隐患遗漏；分区管理原则要求根据煤矿生产区、规划区及其他区域的不同地质条件、生产需求，制定差异化的探查方案，针对重点区域（如采掘工作面、地质构造复杂区域）加大探查力度，提高探查精度，针对非重点区域采取针对性的探查措施，实现资源合理利用与隐患精准排查的结合；周期实施原则要求煤矿隐蔽致灾探查工作常态化、周期性开展，根据煤矿生产进度、地质条件变化等情况，定

期开展全面探查，及时更新探查数据，掌握隐蔽致灾因素的动态变化情况，确保探查工作与生产实际同步；精准高效原则要求结合各类隐蔽致灾因素的特征，选择合适的探查技术与设备，优化探查方案，提高探查精度与效率，确保探查结果能够精准反映致灾因素的实际情况，为灾害防控提供可靠依据。

3.2 探查核心要求

探查范围需明确界定，覆盖煤矿全部井田范围，重点涵盖采掘工作面、巷道布置区域、地质构造复杂区域、水文地质条件复杂区域及人为活动遗留隐患可能分布的区域，确保无探查盲区；探查精度需满足实际生产需求，能够精确定位隐蔽致灾因素的位置、范围、形态、规模及赋存状态，明确致灾因素的致灾潜力，为灾害防控措施的制定提供精准数据支撑；探查数据需真实、完整，建立完善的数据记录体系，详细记录探查过程中的各类参数、数据及结果，确保数据可追溯、可核查，为后续数据分析、隐患评估提供可靠依据；探查成果需具有实用性，结合煤矿生产实际，对探查结果进行系统分析，明确各类隐患的危险等级，提出针对性的防控建议，确保探查成果能够直接服务于煤矿安全生产^[3]。

3.3 探查前期准备

探查工作开展前，需做好充分的前期准备工作，为探查工作的顺利开展奠定基础。首先，开展基础资料收集与整理工作，收集煤矿地质资料、水文地质资料、采矿资料、钻孔资料等，梳理各类资料中的相关信息，明确已掌握的隐蔽致灾因素情况，识别潜在的探查重点区域；其次，开展现场踏勘工作，对煤矿井田范围及重点区域进行实地勘察，了解现场地质条件、地形地貌、生产现状等，结合资料分析结果，进一步明确探查重点与难点；最后，制定科学合理的探查方案，结合各类隐蔽致灾因素的特征、探查范围及精度要求，选择合适的探查技术与设备，明确探查流程、工作节点及质量控制标准，确保探查工作有序、高效开展。

4 煤矿隐蔽致灾主要探查技术及应用

4.1 物探技术及应用

物探技术是煤矿隐蔽致灾因素探查中应用广泛的技术，它借助不同地质体物理性质（如密度、电阻率、磁性、弹性波速度等）的差异，利用专业设备探测地质体分布特征，从而识别隐蔽致灾因素。该技术具备探测范围广、效率高、成本低且对岩体破坏小等优势，适用于各类隐蔽致灾因素的初步探测与范围界定。

常用物探技术涵盖地震勘探、电法勘探、磁法勘探及缪子成像技术等。地震勘探技术发射弹性波，接收反

射或折射波信号,分析其特征以判断地下地质体分布、形态及结构,精准界定地质构造类及人为活动类致灾因素边界与规模。电法勘探技术利用电阻率差异,探测地下电场分布,识别含水层、断层破碎带等,对水文地质及地质构造类致灾因素探查效果显著,尤其擅长探测地下含水层。磁法勘探技术通过探测地下磁场分布,识别岩浆岩、断层等地质构造,辅助排查隐蔽致灾因素。缪子成像技术则利用缪子强穿透能力,构建地下地质体密度地图,有效识别采空区等密度缺失区域,适用于复杂地质条件下的探查^[4]。

4.2 钻探技术及应用

钻探技术借助钻机、钻具等设备在地下钻凿钻孔,通过取岩矿样品、测钻孔参数等方式,直接获取地下地质体信息以识别隐蔽致灾因素。它精度高、直观性强、适应面宽,是煤矿隐蔽致灾探查中最直接可靠的技术,适用于各类隐蔽致灾因素的精准验证与详细探查。(1)钻探技术按施工空间分地面与井下钻探。地面钻探不受井下空间限制,可用大型钻机,适用于煤矿井田全面探查,能探查地下含水层、地质构造、瓦斯富集区等致灾因素;井下钻探受空间限制,多采用小型分体式或履带式钻机,用于采掘工作面、巷道周边等重点区域,主要验证物探隐患,精准确定致灾因素位置、规模及赋存状态。按钻进方法分常规与定向钻进,常规钻进靠钻机回转器转动钻头破碎岩石,适用于各类地层;定向钻进通过人工造斜控制钻孔轨迹,可精准探查特定区域,尤其适用于复杂地质构造区域,能提高探查效率与精度。(2)其核心应用涵盖地质构造、地下含水层、瓦斯及采空区探查等,通过钻孔取样可直接判断相关情况,为隐蔽致灾因素防控提供依据。

4.3 化探技术及应用

化探技术是利用不同地质体的地球化学性质差异,通过采集地下岩石、土壤、地下水等样品,分析样品中的化学元素含量、组分等特征,进而识别隐蔽致灾因素的一种探查技术,具有灵敏度高、针对性强等优点,主要用于辅助探查瓦斯类、水文地质类隐蔽致灾因素。(1)常用的化探技术包括气体化探技术、水文化探技术及岩石

化探技术等。气体化探技术通过采集地下气体样品,分析样品中瓦斯、二氧化碳等气体的含量及组分,识别瓦斯富集区、瓦斯异常区等隐蔽致灾因素,辅助判断瓦斯的赋存状态与分布规律;水文化探技术通过采集地下水样品,分析样品的化学成分、水质指标等,判断地下含水层的来源、补给关系及渗透性,辅助探查地下含水层、断层破碎带等致灾因素;岩石化探技术通过采集岩石样品,分析样品中的化学元素含量,识别岩浆岩、断层破碎带等地质构造,辅助排查隐蔽致灾因素。(2)化探技术通常不单独使用,多与物探技术、钻探技术组合使用,用于辅助验证、补充探查,提高隐蔽致灾因素探查的准确性与全面性^[5]。

结束语

煤矿隐蔽致灾因素的探查与防控是一项长期且艰巨的任务。通过对其种类、特征、形成原因的深入剖析,以及探查原则、要求和技术的系统研究,我们为煤矿安全生产构建了较为全面的知识体系。在实际工作中,要严格遵循探查原则,精准落实核心要求,灵活运用多种探查技术,充分发挥其优势,实现优势互补。同时,要不断总结经验,持续创新探查技术与方法,提高探查的准确性和时效性。只有这样,才能及时发现并消除隐蔽致灾因素带来的安全隐患,有效预防各类灾害事故的发生,切实保障煤矿生产的安全稳定运行,推动煤炭行业健康可持续发展。

参考文献

- [1]晏雁.微动勘探技术在煤矿隐蔽致灾地质因素探测中的应用[J].工程地球物理学报,2024,21(04):578-586.
- [2]李炳强.赵庄煤矿隐蔽致灾地质因素普查治理技术及应用研究[J].中国煤炭,2022,48(S2):117-122.
- [3]刘毅,刘欢.平煤十一矿隐蔽致灾因素及防治措施研究[J].能源与环保,2024,46(04):56-60+68.
- [4]王路法,孟华,刘昆鹏.煤矿矿井水害隐蔽致灾因素识别与危险性分析[J].煤炭技术,2024,43(07):179-182.
- [5]赵凯浪,刘洋,李晓鹏.某煤矿主要隐蔽致灾因素及防治措施分析[J].内蒙古煤炭经济,2023,(06):104-106.