

基于GIS的煤资源分布与地质风险评估研究

颜 旭

内蒙古煤炭地质勘查(集团)一五三有限公司 内蒙古 呼和浩特 010000

摘要: 随着能源需求攀升, GIS助力煤资源新探本文聚焦基于GIS的煤资源分布与地质风险评估研究。阐述了GIS技术在煤资源研究中的优势, 包括空间数据处理、分析能力强及可视化直观等。深入探究煤资源区域分布特征、地质构造控制及煤层赋存条件, 剖析瓦斯突出、突水、顶板冒落、地温热害等地质风险类型。构建基于GIS的煤资源地质风险评估指标体系, 明确指标选取原则、体系构成及权重确定方法, 为煤资源合理开发利用及地质风险防控提供科学依据。

关键词: GIS; 煤资源分布; 地质风险评估; 指标体系

引言: 煤炭作为重要能源, 在我国能源结构中占据关键地位。准确掌握煤资源分布并评估其地质风险, 对煤炭产业可持续发展意义重大。传统研究方法在数据处理、分析深度及可视化展示等方面存在局限。地理信息系统(GIS)凭借强大的空间数据处理与分析能力, 以及直观的可视化表达, 为煤资源研究带来新契机。借助GIS技术, 能更全面、精准地揭示煤资源分布规律, 科学评估地质风险, 为煤炭资源开发决策提供有力支持, 故开展此项研究十分必要。

1 GIS技术在煤资源研究中的应用优势

1.1 空间数据处理能力强

GIS技术在煤资源研究中展现出强大的空间数据处理能力。它能够高效地收集、整合来自不同渠道和格式的煤资源相关空间数据, 如地质勘探数据、地形地貌数据等。通过数据预处理, 可对缺失、错误的数据进行修复和校正, 保证数据质量。同时, 能实现数据的快速存储与管理, 利用数据库技术对海量数据进行有序组织, 方便后续查询与调用。

1.2 空间分析功能丰富

GIS技术为煤资源研究提供了丰富多样的空间分析功能。在煤资源分布方面, 可进行空间插值分析, 精准预测未勘探区域煤资源的分布情况; 利用缓冲区分析, 确定煤资源周边一定范围内的影响因素, 如居民区、水源地等。对于地质风险评估, 叠加分析能将不同地质要素图层进行叠加, 识别出高风险区域; 网络分析可模拟矿井内通风、排水等系统的运行情况, 评估其稳定性^[1]。

1.3 可视化表达直观

GIS技术的可视化表达功能使煤资源研究结果更加直观易懂。它可以将复杂的煤资源空间数据以地图、图表、三维模型等多种形式呈现出来。通过专题地图, 能

够清晰地展示煤资源的分布范围、储量大小、煤质特征等信息, 让研究人员快速把握整体情况。三维可视化模型可模拟矿井的地质结构和开采环境, 使人们仿佛置身于真实的地下场景中, 直观地了解煤层赋存条件和地质构造。

2 煤资源分布特征研究

2.1 区域分布特征

煤资源的区域分布特征是多种地质作用长期演化的结果, 具有显著的不均衡性与规律性。(1)从宏观地理格局来看, 煤资源在地球上的分布并非均匀散布, 而是呈现出相对集中的态势。在纬度方向上, 北半球尤其是中高纬度地区是煤炭资源的主要富集区域。这主要是因为该区域在地质历史时期经历了复杂且适宜的成煤环境, 如大面积的陆地沼泽沉积, 为植物遗体的堆积和转化提供了良好条件。(2)在板块构造方面, 不同板块的交界与内部, 煤资源分布差异明显。板块内部相对稳定的区域, 往往能形成大规模、连续的煤田, 这是因为稳定的地质环境有利于成煤物质的长期积累和保存。而板块交界处, 由于地质活动频繁, 煤层可能会受到挤压、断裂等破坏, 导致分布较为零散, 但也可能因特殊的构造条件形成独特的煤质类型。(3)地形地貌对煤资源区域分布也有重要影响。山地、高原地区, 受河流侵蚀、构造抬升等作用, 煤层埋藏深度变化较大, 分布较为复杂; 平原、盆地地区, 地势相对平坦, 煤层埋藏较浅且连续性较好, 更有利于煤炭的大规模开采。深入研究煤资源的区域分布特征, 有助于科学规划煤炭开发战略, 实现资源的合理利用。

2.2 地质构造控制

地质构造对煤资源的形成、分布及质量有着全方位、深层次的控制作用, 是决定煤资源特征的关键因素

之一。(1)在煤资源形成阶段,地质构造通过控制沉积环境来影响成煤物质的基础。不同的地质构造背景会形成各异的沉积盆地,如拗陷型盆地有利于大面积、稳定的沼泽环境形成,为植物遗体的大量堆积和成煤作用提供了良好场所,使得煤层厚度较大且分布广泛;而断陷型盆地则因构造活动相对强烈,沉积环境变化频繁,形成的煤层往往厚度变化大、连续性差。(2)从煤资源分布来看,褶皱构造和断裂构造起着重要的控制作用。褶皱构造中的背斜和向斜对煤层的埋藏和出露有显著影响,背斜轴部煤层可能因张裂作用而变薄或被破坏,向斜部位则通常是煤层聚集的有利区域。断裂构造,如断层,会切割煤层,改变其连续性和完整性,正断层可能使煤层错断,逆断层则可能导致煤层重复或缺失。(3)地质构造还会影响煤质。在构造应力作用下,煤层会受到不同程度的挤压、变形,导致煤的物理性质和化学性质发生变化,如煤的变质程度加深,形成不同变质等级的煤种。因此,深入研究地质构造控制,对煤资源的勘探、开发及利用具有重要意义。

2.3 煤层赋存条件

煤层赋存条件涵盖多个方面,对煤炭的开采难度、经济效益以及安全性有着至关重要的影响。(1)煤层厚度是赋存条件的关键要素之一。不同地区煤层厚度差异显著,厚煤层开采时产量较高,但可能面临顶板管理困难、采煤工艺复杂等问题;薄煤层开采则需高精度的设备和技术,开采效率相对较低,不过资源回收率可能较高。煤层的倾角同样重要,近水平煤层开采条件相对简单,可采用综合机械化采煤方法;倾斜煤层和急倾斜煤层开采时,工作面布置、设备安装和人员操作难度增大,还易出现煤炭滚落伤人、支架失稳等安全隐患。(2)煤层顶底板岩性对开采影响极大。顶板岩性坚硬稳定时,能有效支撑上覆岩层压力,减少顶板冒落事故;若顶板破碎、易冒落,则需加强支护措施。底板岩性也会影响采煤设备的运行,软底板可能导致设备下陷,影响开采进度。(3)煤层与含水层、断层的空间关系也不容忽视。接近含水层时,易发生突水事故,威胁矿井安全;断层附近煤层连续性差,可能伴有瓦斯涌出异常等情况,增加开采风险。准确掌握煤层赋存条件,是制定合理开采方案、保障煤炭安全高效开采的基础^[2]。

3 煤资源地质风险类型研究

3.1 瓦斯突出风险

瓦斯突出是煤矿井下煤层或顶底板中瓦斯在极短时间内突然冲出的地质灾害,按成分可分为煤与瓦斯突出、岩石与瓦斯突出及瓦斯喷出三类。其直接成因包括

采掘扰动储气构造、机械振动打破压力平衡等。地质条件中,煤层变质程度高、背斜轴部或压扭断裂带等地应力集中区域更易诱发。随着开采深度增加,突出强度普遍上升,浅层小于100米,深层可达700米以上。瓦斯突出会产生强烈动力效应和化学效应,破坏巷道和设备,造成人员伤亡和物质损失,还可能引发瓦斯爆炸和火灾。防治需加强瓦斯监测,采用瓦斯抽采技术降低煤层瓦斯含量,同时优化采煤工艺,减少对储气构造的扰动。

3.2 突水风险

突水是煤炭地下开采中常见的突发性地质灾害,具有来势凶猛、瞬时涌水量大、损失巨大的特点。其水源主要包括地下水、老窑水和地表水,突水途径多为隐伏导水陷落柱、废弃关闭小煤矿导通老窑水或地表水溃入。地质构造中,褶皱和断层是导致透水事故的主要原因之一,褶皱影响地下水储存和补给,断层破碎带作为透水通路可沟通多个含水层或地表水。突水会导致采空区塌陷、矿井生产中断,造成经济损失,还会引发地面沉降,破坏地表建筑物和生态环境。防治需加强水文地质勘探,查明水源、水量和导水通道,建立完善的排水系统,对导水构造进行注浆封堵。

3.3 顶板冒落风险

顶板冒落是煤矿井下采掘过程中顶板岩层非预期塌落的灾害现象,分为局部冒顶和大型冒顶两类,按力学成因分为压垮型、漏冒型和推垮型。局部冒顶多发生于煤壁、放顶线附近,因支护不当或地质构造引起;大型冒顶波及范围广,伴有顶板断裂声、支架剧烈变形等预兆。冒顶前常有响声、掉渣、片帮、裂隙增多、支架异常等预兆。该事故在煤矿亡人事故中占比较高,常伴随设备损毁和人员伤亡。防治需结合地质监测、支护优化和应急预案等技术与管理措施,采用与地质条件匹配的支架类型,确保接顶严密,加强安全检查和作业规范,培训矿工掌握撤离路线及避灾自救方法。

3.4 地温热害风险

地温热害是深部矿井普遍面临的灾害,随着开采深度增加,矿区地温逐渐升高。部分矿区采掘活动深度达800米以深,最深达1000米,地温可达30摄氏度以上,且开采深度每增加100米,地温上升1.4—3.3摄氏度。高温热害会使井下作业人员体能下降、工作效率降低,易产生高温中暑、热晕并诱发其他疾病,还会导致神经中枢系统失调,使职工防护能力降低。同时,高温会增加井下机电设备的故障率,影响设备正常运行。我国《煤矿安全规程》规定,工作面环境温度超过26摄氏度必须采取措施,超过30摄氏度则必须停产。防治可采用降温系

统,如矿用空气源热泵等,实现巷道风流降温和废热处理,也可采取通风优化、隔热材料使用等综合措施。

4 基于GIS的煤资源地质风险评估指标体系构建

4.1 评估指标选取原则

在基于GIS的煤资源地质风险评估指标体系构建中,评估指标选取需遵循一系列科学、合理的原则,以确保评估结果的准确性和可靠性。科学性原则是基础。所选取的指标应基于煤资源地质风险形成的科学机理,能够客观、真实地反映煤资源地质风险的本质特征和内在规律。例如,与瓦斯突出风险相关的指标,要依据瓦斯生成、运移和突出的地质条件来选取,保证指标具有明确的科学内涵。系统性原则要求全面考虑。煤资源地质风险受多种因素综合影响,选取指标时应涵盖地质构造、煤层赋存条件、水文地质等多个方面,形成一个完整的指标体系,避免遗漏重要因素,确保能从不同角度对地质风险进行综合评估。可操作性原则至关重要。

4.2 评估指标体系构建

基于GIS的煤资源地质风险评估指标体系构建,需综合考虑多方面因素,以全面、精准地评估风险。地质构造层面,选取断层密度、褶皱强度等指标。断层密度能反映区域构造活动的频繁程度,断层多意味着构造复杂,可能破坏煤层完整性,增加瓦斯突出、突水等风险;褶皱强度体现地层变形程度,强褶皱区煤层受挤压严重,易产生应力集中,引发顶板冒落等问题。煤层赋存条件方面,以煤层厚度变化率、煤层倾角、顶底板岩性等为指标。煤层厚度变化率大,开采难度和风险增加;煤层倾角影响开采工艺和顶板管理,大倾角煤层易发生煤炭滚落等事故;顶底板岩性决定其稳定性,软弱岩性顶底板易导致顶板冒落和底板鼓起。水文地质指标包含含水层富水性、导水构造发育程度。含水层富水性强,突水风险高;导水构造如陷落柱、断层破碎带等,是地下水涌入的通道,其发育程度直接影响突水可能性。

4.3 指标权重确定

在基于GIS的煤资源地质风险评估中,合理确定指标权重是准确评估风险的关键环节。常用的权重确定方法有层次分析法(AHP)、熵权法以及两者结合的综合赋权法等。层次分析法是一种主观赋权方法,它通过构建层次结构模型,将复杂问题分解为多个层次,然后邀请相关领域的专家对各层次指标进行两两比较,根据比较结果构造判断矩阵,进而计算出各指标的权重。这种方法能够充分考虑专家的经验 and 知识,但主观性较强,不同专家给出的判断可能存在差异。熵权法是一种客观赋权方法,它依据各指标数据的变异程度来确定权重。指标的变异程度越大,提供的信息量就越多,其在评估中所占的权重也就越大。这种方法避免了主观因素的影响,但完全依赖于数据本身,可能无法充分反映指标的实际重要性。为了兼顾主客观因素,可采用综合赋权法,将层次分析法和熵权法确定的权重进行加权平均,得到最终的指标权重^[3]。

结束语

基于GIS的煤资源分布与地质风险评估研究,通过整合多源地理信息数据,实现了对煤资源空间分布的精准刻画与地质风险的动态评估。本研究不仅揭示了煤资源分布规律与地质风险间的内在联系,更为煤炭资源的科学规划、合理开发及地质灾害防控提供了有力决策支持。未来,随着GIS技术的持续进步与数据资源的日益丰富,我们将进一步优化评估模型,提升评估精度,为煤炭产业的可持续发展与区域地质安全保障贡献更多智慧与力量。

参考文献

- [1] 兰恒星,伍法权,周成虎.基于GIS的滑坡灾害空间分析预测研究进展[J].地理科学进展,2002,21(6):599-607.
- [2] 王刚,刘洋,等.GIS在地质灾害风险评估与管理中的应用探讨,地理与地理信息科学,2021,37(4):56-62.
- [3] 陈芳,李强,等GIS支持下的地质灾害风险评估与预警系统构建.遥感技术与应用,2022,34(3):548-556.