

三维地质建模在煤炭资源储量精确估算中的应用研究

王鹏翔

河南焦煤能源有限公司古汉山矿 河南 焦作 454350

【摘要】：煤炭资源储量估算是矿业开发与规划的基础，其精度直接影响资源利用与开采决策。传统二维方法难以全面反映复杂地质结构，易造成储量计算偏差。三维地质建模通过多源地质数据融合与空间可视化技术，构建煤层三维模型，实现煤层形态、厚度及赋存条件的精准描述。研究结果表明，该方法能显著降低储量误差，提升计算精度，为煤炭资源科学管理提供有力支撑。

【关键词】：三维地质建模；煤炭资源；储量估算；精度控制

DOI:10.12417/2811-0536.26.01.025

引言

煤炭作为重要能源，其储量估算直接关系到矿区开发规划与生产决策。随着深部开采和复杂地质条件增多，传统二维估算方法已无法满足精细化需求，储量数据的不准确常导致资源浪费和开采风险增加。三维地质建模技术的出现为解决这一问题提供了新途径，通过整合钻探、测量与地质资料，能够真实再现煤层空间结构，使储量估算更加科学化和可视化。准确掌握煤层分布特征，是推动煤炭资源高效开发与管理的關鍵步骤。

1 三维建模在储量估算中的问题识别

三维地质建模在煤炭资源储量估算中应用时，首先面临的挑战是地质资料的复杂性。煤层通常分布于多种地质构造中，受到断层、褶曲和侵蚀作用的影响，煤层厚度变化明显，空间分布不连续，导致传统二维平面图难以准确表达实际情况。钻孔资料作为建模的基础数据，往往分布不均，某些区域密集而部分区域稀疏，使得模型在空间插值过程中易出现误差。不同类型的地质资料在数据格式、精度和坐标系统上存在差异，整合时若处理不当，会使模型在边界和层位识别上产生偏差，直接影响储量计算的可靠性。

在实际储量估算过程中，传统二维计算依赖剖面线与平面图结合的方式，仅能描述煤层在局部区域的厚度与延展情况，难以反映复杂地质条件下煤层的真实三维结构。当矿区存在多层煤组叠置、构造变形强烈或煤层倾角变化大时，二维方法容易产生高估或低估的情况，造成储量统计结果与实际出入明显。尤其在深部开采区域，地质信息受限，缺乏精确三维空间表达，使得储量计算只能依靠经验进行推断，缺乏科学依据。

三维建模对数据处理与计算机技术依赖程度高，对地质参数的选择和建模算法要求严格。如果在建模

过程中未能正确建立地质界面或处理异常数据，将会导致模型整体失真，进而影响储量估算精度。随着煤矿开采向深部发展，地质结构的复杂性不断增加，对建模精度提出更高要求，这也对技术团队在数据采集、处理和软件应用等方面提出了更严苛的标准。

2 模型构建与储量计算方法优化

三维地质建模过程中，模型构建的核心在于对地质数据的有效整合与空间结构的精准表达。煤炭资源储量估算需要依赖大量钻孔资料、地震勘探结果以及矿井实测数据，将这些不同来源的信息进行统一坐标转换与数据清理是建模的首要环节。通过数字化技术将钻孔柱状图、地层界线和煤层厚度信息导入数据库，并利用空间插值算法生成连续的煤层表面，实现地质信息的三维可视化表达。在构建过程中，需充分考虑煤层倾角变化、构造破坏类型和煤层稳定性等因素，以确保模型在空间上的真实性与科学性。对于数据缺失或分布稀疏的区域，通过克里金插值或反距离加权等方法进行合理推算，从而弥补空白区域的储量信息，减少估算误差。

在模型细化阶段，地质界面的确定尤为重要。煤层顶底板的空间位置、断层走向与倾角等结构特征需要通过高精度三维建模软件进行刻画，采用分层建模与多层叠置技术，确保模型能够清晰反映多煤层叠置关系以及煤岩共生特征。地震资料的引入使得煤层连续性分析更加准确，能够有效识别隐伏断层及褶曲形态，对储量估算的精度提升具有重要意义。随着计算机软硬件性能的提升，模型网格划分可以更加精细化，通过减少网格单元尺寸提高模型分辨率，使煤层厚度变化与储量分布更加直观、细致。

在储量计算方法优化方面，传统二维估算多以面积乘厚度法为主，这种方法无法全面反映煤层空间形态，尤其是在地质条件复杂的矿区中误差较大。三维

模型构建完成后,储量计算可以通过体积法实现,将整个模型空间划分为大量规则或不规则网格单元,根据各单元内煤层厚度、面积及煤岩属性进行分区计算,再通过数学求和方式得出总体储量。该方法能够精确计算不同地质单元、不同煤层及不同深度范围内的资源储量,为矿井规划和生产提供科学依据。通过设定不同参数条件,还可以实现可采储量、保有储量和预测储量等多层次的计算结果,为煤矿管理提供多维度数据支持。

模型构建与计算优化还离不开参数校正和动态更新。随着矿井开采的推进,实际生产中获得的新钻孔数据与地质观测结果会不断增加,这些最新信息应及时纳入模型,通过迭代更新保证模型始终保持与实际情况一致。模型校正过程中,需要结合实测煤样的密度、含灰量 and 水分含量等物理化学参数,对储量计算中的煤质因子进行修正,避免因煤质变化而导致估算偏差。通过持续优化建模流程和计算方法,可以实现煤炭资源储量的精细化管理,并为矿区的安全开采提供坚实的技术支撑。

3 精度提升与成果应用分析

在煤炭资源储量估算过程中,模型精度的提升直接决定结果的可靠性与指导价值。三维地质建模通过高分辨率数据采集和多源信息融合技术,实现对煤层空间分布的细致刻画,能够显著减少因地质条件复杂导致的估算误差。高精度激光扫描、地震波反演以及实时钻探数据提供了更加完整的空间信息,使模型能够真实反映煤层顶底板起伏变化、断层延伸特征以及褶曲形态。在模型运算阶段,采用更为先进的算法进行网格划分和数据插值,如三维克里金法和地质统计学反演技术,不仅提升模型的空间连续性,还增强了储量计算中对煤层微小变化的敏感度,确保储量估算在数值上更加精确。

参考文献:

- [1] 王志强.三维地质建模技术在煤炭资源勘查中的应用研究[J].煤田地质与勘探,2021,49(3):45-52.
- [2] 李建国.基于三维建模的煤层储量估算方法优化[J].矿业科学学报,2020,35(2):87-94.
- [3] 陈海东.三维可视化技术在煤炭地质储量评价中的应用[J].煤炭科学技术,2023,47(6):112-118.

模型精度的提高还依赖于参数的动态修正与模型的实时更新。煤矿开采过程中,新的钻孔资料和地质观测结果不断产生,将这些最新数据快速整合进模型,可以及时修正模型中因地质推断造成的偏差,使模型始终保持与实际地质情况一致。通过建立动态更新机制,能够实现储量数据的持续优化,避免传统静态模型因信息滞后而产生较大误差。煤质参数在储量估算中同样不可忽视,密度、含灰量、含水率等指标通过实验室检测后导入模型,对不同区域煤层进行分类修正,有效降低因煤质不均一性带来的计算偏差。

成果的实际应用体现在矿井规划、生产管理以及安全控制等多个环节。三维模型提供了可视化的储量分布图,为矿区划分、采掘顺序安排和生产工艺设计提供科学依据。通过模型计算出的分区储量数据,可以明确不同采区的可采规模和开采潜力,为资源配置和产能规划提供量化支持。在安全管理方面,模型能够清晰展示隐伏断层和复杂构造的空间关系,辅助预测地质灾害隐患区域,提前制定防控措施,降低开采风险。对于企业决策层而言,通过模型成果可以直观了解煤炭资源的整体赋存情况及未来开采趋势,为投资评估和管理策略制定提供直观依据。随着数字化矿山建设的推进,三维建模成果还可与自动化控制系统和智能矿山平台相结合,实现数据共享与实时监控,为煤矿生产的精细化管理提供坚实的数据基础。

4 结语

三维地质建模技术在煤炭资源储量精确估算中展现出显著优势,通过整合多源地质数据,实现煤层空间结构的真实再现,并利用精细化计算方法大幅降低估算误差。该技术不仅提升储量计算精度,还为矿井规划、生产组织和安全管理提供直观科学的依据。随着智能化矿山建设的推进,三维建模将在煤炭资源管理与可持续发展中发挥更加关键的作用。