



智能地质保障系统八大关键技术

左书豪

2020年2月，为深入贯彻落实习近平总书记“四个革命、一个合作”的能源安全新战略，加快提升煤矿智能化水平，国家发改委等八部委研究制定了《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》（以下简称《指导意见》），明确指出：到2021年，建成多类型、不同模式的智能化示范煤矿，初步形成煤矿地质保障、生产、安全等主要环节的信息化传输及自动化运行技术体系；到2025年，大型煤矿和灾害严重煤矿基本实现智能化，形成煤矿智能化建设技术规范与标准体系，实现开拓设计、地质保障等系统的智能化决策和自动化协同运行；到2035年，各类煤矿基本实现智能化，构建多产业链、多系统集成的煤矿智能化系统，建成智能感知、智能决策、自动执行的煤矿智能化体系。

智能地质保障系统要求

《指导意见》中提出，煤矿智能化建设要全面贯彻安全第一的基本要求，提升煤矿安全保障的能力。建立智能煤矿地质保障系统是智能煤矿建设的核心内容之一。根据行业标准、省级标准及一些企业标准，煤矿智能地质保障系统应建立完善的三维地质模型体系，为地质数据可视化共享、动态修正、智能开采、智能掘进、智能管控、安全生产、地质灾害预警等提供服务。因此，构建三维地质模型体系作为核心的数据资产，提供配套的数据管理、可视化与服务系统是构建煤矿智能地质保障系统的主要工作，其主要要求有如下3点：

1) 建立可局部动态更新的多尺度、多精度三维地质模型体系。不同的应用场景对三维地质模型的精度要求不同，因此应根据需求建立多尺度、多精度的三维地质模型体系如图1所示，并随着数据

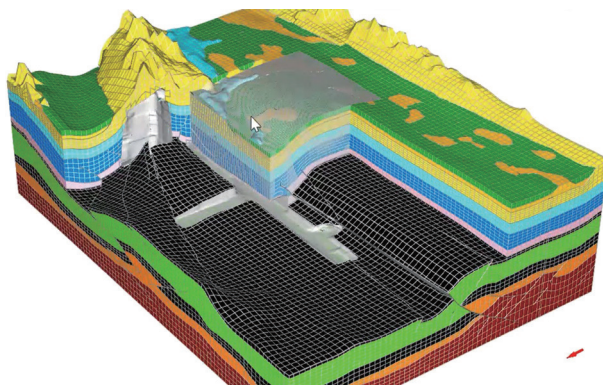


图1 多尺度多精度三维地质模型

的更新，支持使用者根据实际揭露的地质数据，对已建立的地质模型进行实时动态更新与修正，可大幅降低后期维护成本。

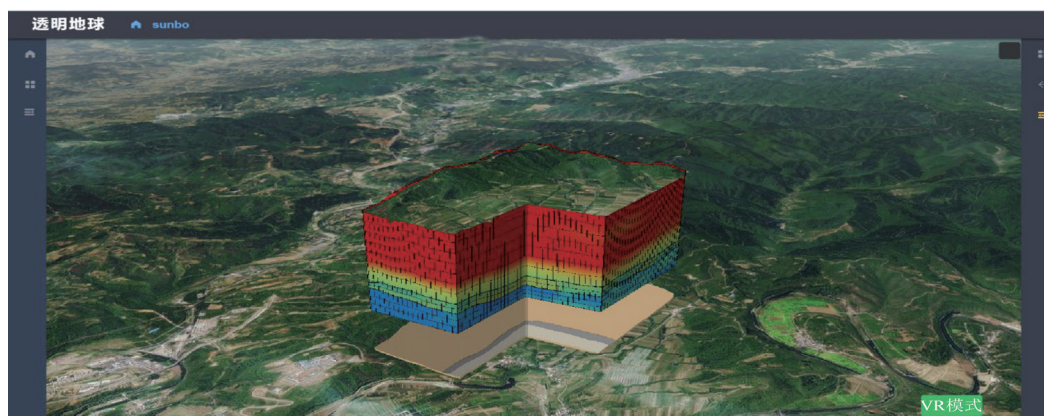
2) 三维地质模型支持预测致灾因素。根据应用场景所建的三维地质模型应充分、真实地反映出地质情况，并结合监测数据进行模拟计算，从而支撑智能分析，实现对火灾、水害等隐蔽地质灾害的评估、监测及预警，数值模拟结果如图2所示。

3) 海量数据管理与大规模高精度三维地质模型Web端可视化。使用Web端地质保障系统可方便相关部门的同步更新、共享与服务，煤矿炭行业需要的三维地质模型精度较高，数据量较大；因此，智能地质保障系统的关键点在于支持海量数据的管理与大规模高精度三维地质模型的Web端可视化（图3）。

智能地质保障系统关键技术

为满足以上3点要求，智能地质保障系统应具备以下8项关键技术：

1) 多元数据融合分析技术。利用各种地质数据进行地质建模，包括但不限于地质图、剖面、钻探、物探、地球化学数据等。该技术可快速建立任



2
3
4
5

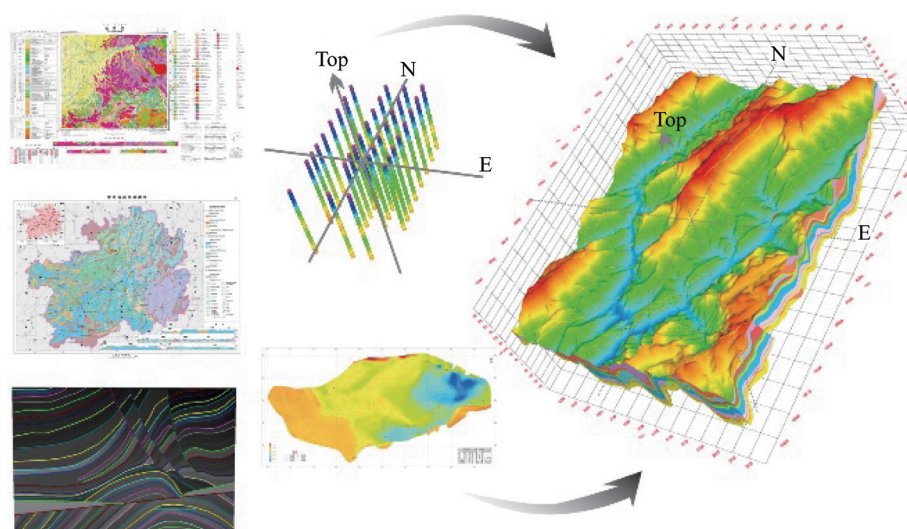


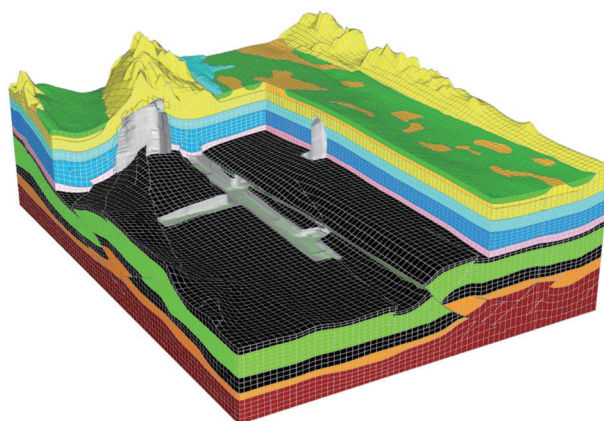
图2 三维地质数值模拟结果

图3 大规模高精度三维地质模型
Web端可视化图4 根据多元数据形成地质三维
模型

图5 煤矿三维地质模型

意复杂高精度地质三维模型，如图4所示，还可进行BIM、CIM、DEM模型与地质模型的融合，并具备对矿区地质数据融合分析、地质数据推演等能力。

2) 复杂地质建模技术。该技术可处理任意复杂地质情况，如煤层倾角、煤层稳定性、断层、褶曲、陷落柱、瓦斯、水文等信息，建立完备的三维地质模型，如图5所示，支持智能估算和核实煤矿煤炭资源、储量及煤矿瓦斯(煤层气)资源、储量。



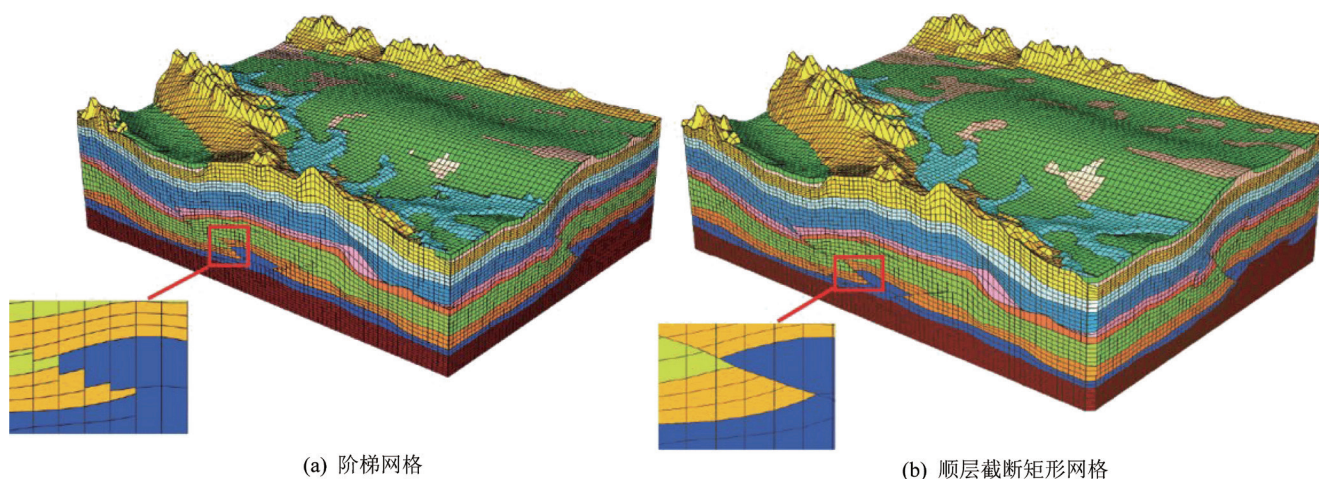


图6 三维网格模型

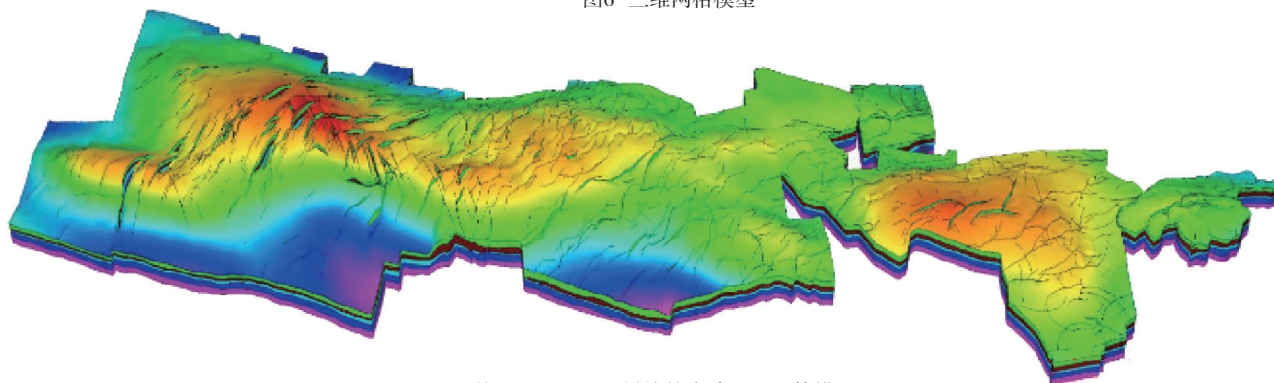


图7 某油田通过无缝拼接技术建立的整体模型

此外，复杂地质建模技术还可通过特定的地质数据进行四维动态分析。

3) 三维网格剖分技术。三维网格模型是属性建模与数值模拟的基础，为大数据技术与人工智能技术的应用创造了较好的条件。北京网格天地软件技术股份有限公司自主研发的顺层截断网格生成技术如图6b所示，可较好地匹配地质构造模型的几何形状，避免了其他建模软件在地层断裂和尖灭处出现锯齿效应等严重偏离的现象如图6a所示。

4) 无缝拼接技术。通过无缝拼接技术可解决模型精度与尺度的矛盾，建立大规模、高精度的三维地质模型，形成多尺度、多精度的三维地质模型体系如图7所示，并支持局部动态更新，可满足不同应用场景的需求。

5) 巷道、工作面与三维地质模型一体化剖切技术。该技术可将巷道、工作面等模型与三维地质模型进行切割，形成一体化的三维模型，并支持各种模拟计算（图8）。

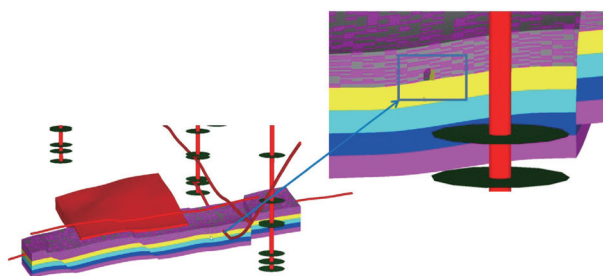


图8 某煤矿部分巷道与工作面一体化模型

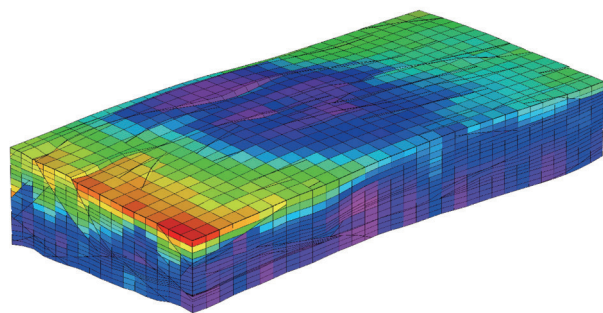
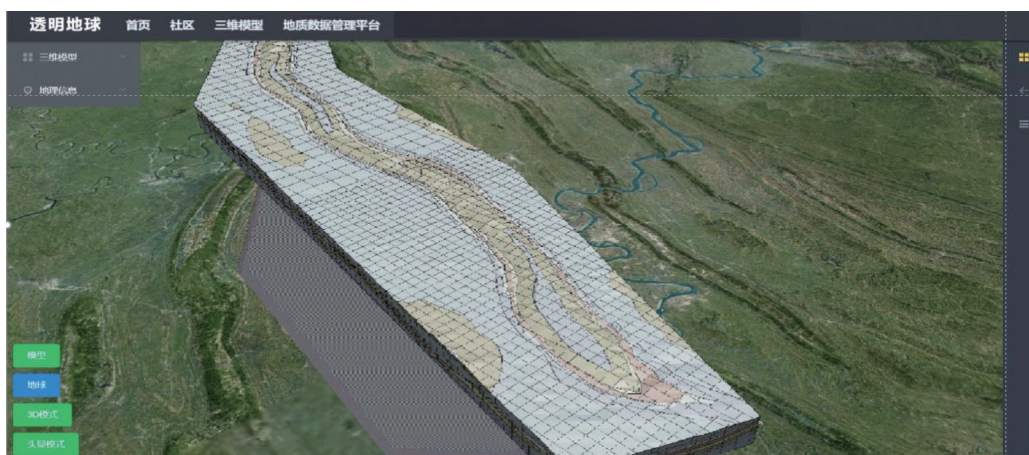
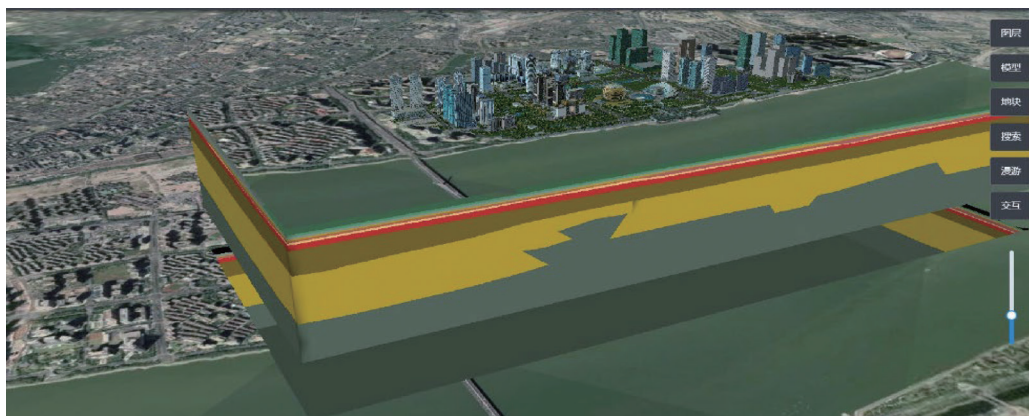


图9 网格化三维地质属性模型数值模拟



10
11

图10 地表地下
组合场景

图11 LOD可视化

6) 数值模拟技术。基于有限元法、有限差分法、有限体积法对地层中应力、水流和瓦斯气体浓度等进行数值模拟,如图9所示。建立多场耦合煤矿数值模拟计算服务平台,并结合历史物联网数据,进行人工与智能分析。

7) 海量三维数据管理与服务。该管理与服务可使用户根据需求,在平台上自由建立、管理各类数据,任意组建三维场景,并提供多种服务接口(图10)。

8) 多分辨率(LOD)可视化技术。当数据量较大时,通过浏览器进行三维可视化的速度可能较慢,甚至导致浏览器崩溃。通过多分辨率(LOD)可视化技术,可有效地解决此问题,使任何规模的数据都可以在Web端高效地呈现,如图11所示。

高速发展的阶段,相应的智能化开采技术不断地发展与创新。智能化煤矿的发展一方面要注重硬件设施的迭代更新,另一方面应注重软件技术的投入。煤矿智能地质保障系统的构建是建立科学、系统、全面的煤矿生态系统的地质基础,是加速煤矿智能化建设,促进我国煤炭工业转型升级的保障。以煤矿智能地质保障系统8项关键技术为基础建立的高精度、动态更新三维地质模型可以辅助矿山设计、巷道掘进、煤炭回采等方面;还可为矿井水害防治、煤矿瓦斯治理、冲击地压防治提供帮助。上述技术对于辅助煤矿生产决策、提高煤矿安全生产水平具有重要意义。

■ 助理编辑: 李艾稣

结 语

煤矿智能化建设给煤矿智能地质保障系统的发展带来了机遇和挑战,目前我国正处于煤矿智能化

作者简介:

左书豪, 高级工程师。

E-mail: zuoshuhao@gridworld.com.cn

作者单位: 北京网格天地软件技术股份有限公司