

# 三维透明化矿山设计及关键技术

## Three-dimensional Transparent Mine Design and Key Technology

范素珍 孙榜

Suzhen Fan Bang Sun

中平信息技术有限责任公司 中国·河南 平顶山 467000

Zhongping Information Technology Co., Ltd., Pingdingshan, Henan, 467000, China

**摘要:** 介绍了三维透明化矿山的定义,讨论了关于三维透明化矿山设计的主要技术,即高精度三维透明化地质模型的建立、管控平台的建设、设备建模、数据的可视化等技术,三维透明化矿山重要技术的发展和完善是煤矿实现安全、高效、少人或无人开采的基础条件,从而为智能化矿山发展提供更全面的保障。

**Abstract:** The definition of three-dimensional transparent mine is introduced, the key technology of three-dimensional transparent mine construction is put forward, namely transparency in high precision three-dimensional geological model, the construction of the control platform, device modeling, data visualization, such as technology, three dimensional transparent mine important technology development and perfection is coal mine safety, high efficiency, less people or unmanned mining conditions, the basis of to provide more comprehensive guarantee for the development of intelligent mine.

**关键词:** 智能化矿山;透明化矿山;三维地质模型;数据可视化

**Keywords:** intelligent mine; transparent mine; three-dimensional geological model; data visualization

**DOI:** 10.12346/etr.v3i6.3735

## 1 引言

网上互联、人工智能、大数据等先进技术为采矿行业提供了历史发展的新契机,传统采矿行业已经进入自动化、信息化、智能化的尖端技术发展领域。“智能矿山”“数字矿山”等新概念、新技术不断涌现。南非、澳大利亚、加拿大、芬兰、日本等国先后提出了“智能矿山”“数字矿山”以及“无人化矿山”的发展规划。中国煤炭行业经过半个世纪的发展,信息化建设也开始向智能矿山的方向前进,包括空间数据可视化与管理等诸多课题已取得了阶段胜利,为智能化开采夯实了基础。中国采矿业发展的必然趋势即实现对矿山的智能化开采及智能化管控。

矿山信息属于系统空间信息范畴,煤矿安全生产的各个过程都与三维空间相关;减员增效,最终实现无人或少人开采是智能化开采的目的;实现无人或少人作业的关键技术之

一是以网络技术的远程巡查或可视化控制为根本;远程巡查或可视化控制技术的关键即为构建三维透明化的矿山,以提供三维可视化的操作平台,从而达到对全矿山工作环境、矿体和机电设备的动态监测和决策<sup>[1]</sup>。

## 2 三维透明化矿山的发展方向

三维透明化矿山的定义:利用钻探、物探、地理信息等技术,基于地质资料,实现矿山地面设施、工作面、地层的可视化,实现多部门、多专业、多业务的集成和协同应用,能为矿山安全生产、智能开采提供强有力的技术保障的可视化管控平台,可以达到矿山“控制、监测、管理”的全方位高度一体化。

智能化矿山是实现矿山安全、高效、少人或无人开采发展和努力的方向,随着科技的快速发展,习近平主席提出的“四个革命、一个合作”能源安全新战略要求传统煤矿做出变革,

【作者简介】范素珍(1990-),女,中国河南平顶山人,助理工程师,任职于中平信息技术有限责任公司,从事智能矿山研究。

以推进煤炭行业与高新智能化技术融合发展、促进数字化矿山的转型升级、从而实现三维透明化矿山。新一代信息技术的发展为煤矿智能化转型升级提供了契机<sup>[2]</sup>。为了达到矿井的安全高效发展,以智能矿山建设为目标、以智能开采为核心、以转型变革为思路、以行业融合为支撑,明确“由规模效益型向质量效益型转变”的发展思路,开展了智能化安全高效矿山建设,走出了区别于传统安全高效矿井内涵的新型绿色安全高效之路,为煤炭企业智能化改革打下了牢固的基础<sup>[3]</sup>。

### 3 三维透明化矿山构建的关键技术

三维透明化矿山实施过程中,存在许多问题,主要有三维地质体模型的建立、数据的可视化、机电设备建模及实施工况展示、三维透明化管控平台建设、智能化协同设计与全生命周期管理、地表环境监测三维可视化及灾害事故反演三维仿真等核心技术的研发。

#### 3.1 三维高精度地质模型建模技术

透明化三维地质模型是智能化矿山安全生产的基础,同时,为了建立高精度三维地质模型,必须尽量探明地质构造、煤层三维形态、断层、采空区、陷落柱、积水区等分布情况。不可避免的是随着三维地质建模精度的提升,需要大量的地质数据支撑,故可以通过对数据的推断和处理,建立由微小的基本地质单元构成的,能直观反映出空间分布细节的三维地质体模型,并具备对地质环境中的地质体进行分析和操作的功能<sup>[4]</sup>。

#### 3.2 三维透明化矿山的数据可视化技术

可视化是三维透明化矿山的重要表现手段,三维引擎是三维可视化的核心。引擎控制显示与用户交互的内容包括:声音、操作、效果等,通过将空间内的各个单元结合在一起,将内容全面调理的呈现出来。引擎作为能够控制所有功能的核心组件,不仅可以对井下位置、事故等进行仿真计算,同时也可以接收系统的交互操作,呈现出对应的声音和合适的界面等。在透明化矿山管控平台、三维引擎构建三维透明化地质模型的基础上,再进一步模拟出井上下沉浸式的虚拟环境,并且能够通过与人员定位系统、综合自动化系统等其他系统的接入,显示控制、监测的动态数据,浏览并巡查井下各种设备的实时状态信息和运行参数,实现无需下井就可以直观地了解到矿井最新生产信息。

#### 3.3 机电设备建模及实时工况展示技术

设备建模是透明化矿山建设中不可或缺的一部分。智能矿山建设的目的就是减员增效、安全生产,以达到对回采工作面各设备的三维可视化,将设备拆解至零件并建模,实现远程巡查设备实时数据以及监测设备工作时的状态。设备建模需要依靠运输设备、采煤设备、风速、温度、一氧化碳等

传感器以及各类有关设备的实际空间布置来进行构建。设备建模是管控平台建设的基础。

#### 3.4 三维透明化管控平台建设

三维透明化矿山管控平台通过在统一的网络平台下利用虚拟现实和时态地理信息系统等技术构建全矿井及回采工作面的模拟仿真系统,其可实现“控制、管理、监测”的可视化、一体化以及对历史数据信息的巡查和浏览。并且系统可在先进的图形学技术的基础上,提供巷道、工作面和矿井实时投影、实时渲染、自动化建模等三维可视化技术支撑,可通过远程控制来达到单人和多用户的协同操作。

通过对数据监控、矿井拓扑图布置及生产系统的空间分布的察看,可以更快地了解工作面生产情况,便于在生产过程中统筹规划,为可视化提供技术支撑。管控平台还可以实时监控瓦斯浓度、风速、温度、人员定位、避灾路线等,可以为矿井安全、生产、决策提供最快捷、最准确、最全面的数据分析。

#### 3.5 智能化协同设计与全生命周期管理

智能化采矿设计是智慧矿山建设内容的重要组成部分,采矿设计紧密围绕透明地质、多人协同、计算机辅助制图、人工智能等开展工作。智能化设计就是采用人工智能、BIM、大数据分析等技术对传统的工作面二维设计、采区设计、矿井设计进行技术提升建立统一的三维透明化协作设计平台,工作人员在统一的标准下,采用兼容或者相同的数据格式进行工作,能够极大提升设计效率;将多方的BIM设计数据、三维地质模型数据进行空间碰撞检测,避免设计在三维空间上冲突;结合三维设计方案开展自动、半自动辅助决策,输出采矿设计图纸、计算结果和报表报告,使得设计人员的工作量减少,以完成自动化和智能化的目标。

#### 3.6 地表环境监测三维可视化

矿区地表环境监测三维可视化系统能将地表地理信息、沉陷区、开采信息等集成到可视化平台中,提供查询分析功能,服务于矿区地表塌陷区环境治理、生态环境修复等。其中,以无人机为飞行平台的倾斜摄影技术广泛应用在地表三维数据获取和环境监测。以无人机倾斜摄影的技术来获取矿山的影像数据,可以构建出高准确度的三维模型,由此得到的数字线划图(DLG)、正射影像数字图(DOM)和高程数字模型(DEM)不但能够满足生产测绘精确度的要求,还可以对矿山整体环境进行监测,能较准确反应下沉趋势,全面掌握沉陷区变形信息。目前存在的问题为倾斜摄影的数据在垂直方向上精度不够,地表沉陷监测还需要配合微波遥感、地表岩移观测开展综合分析。

### 3.7 灾害事故反演三维仿真

灾害事故反演一般使用 Fluent、Flag3D 等数值模拟软件开展数值计算,使用 Unity3D、Unreal 等三维引擎对井下水、火、瓦斯、煤尘、顶板等危险源征兆场景进行三维可视化建模,利用数值模拟的结果对时空过程进行模拟,复现当时灾害事故发生时的场景,模拟展现出事故发生的全部过程以及最终造成的严重后果<sup>[5]</sup>,能够再现出事故处理现场的真实情况,通过人机互动方式增强煤矿相关人员对各种事故的了解

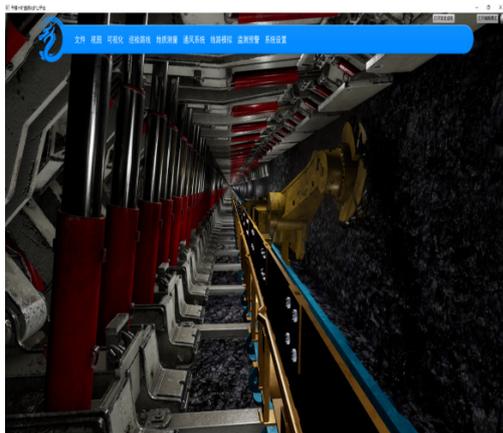
和认识,在事故反演中暴露出存在的问题。

### 4 应用实例

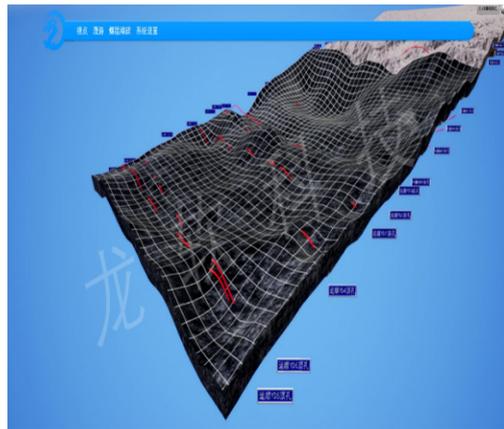
论文提出的“三维透明化矿山”的有关关键技术和平煤股份十矿等矿区已实施了实际应用。系统构建了三维地质体、地表工业广场、机电设备和巷道等模型的可视化,并且获取了自动化综合控制、机电设备、监测等各类数据,相关工作人员可以在此系统内从地表到井下,从整体到局部,便捷地监测设备的动态运行状态,能够及时地进行远程虚拟控制,如图 1 所示。



(a) 矿山总貌图



(b) 综采工作面虚拟环境展示



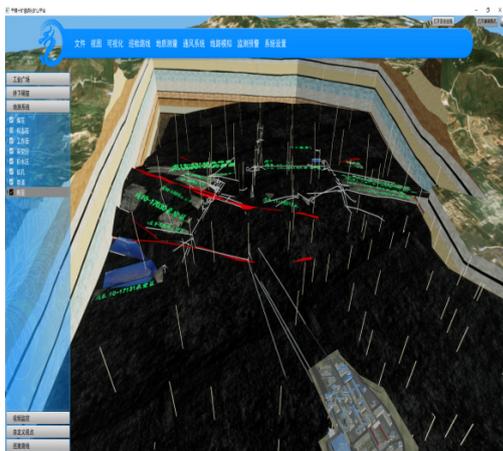
(c) 高精度透明化工作面模型



(d) 机电设备可视化模型



(e) 安全隐患管理可视化



(f) 巷道、断层、煤层、陷落柱的展示

图 1 透明化矿山管控平台的应用

(下转第 136 页)

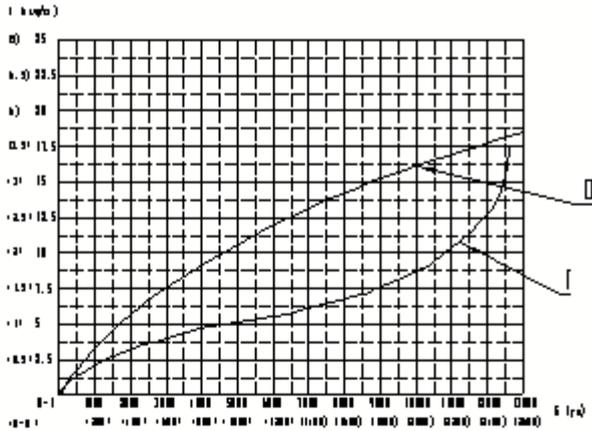


图4 圆环形 K-107 非晶铁芯 B-H 曲线

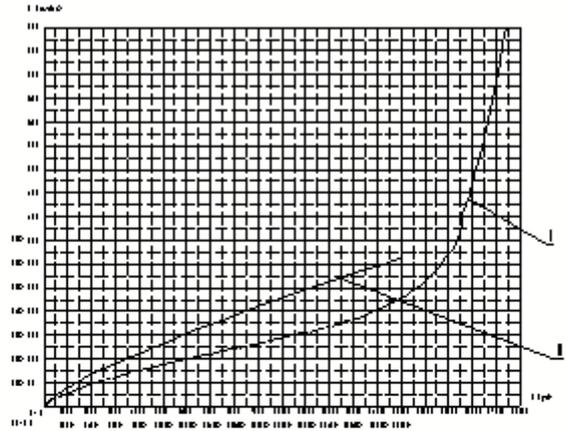


图6 矩形 Z-10 硅钢带 B-H 曲线

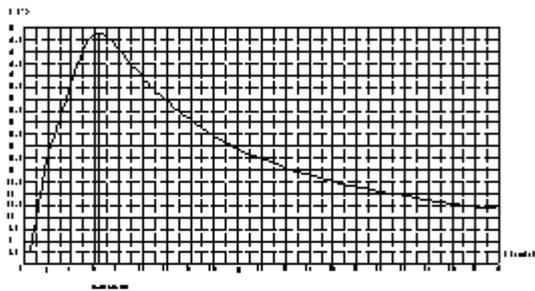


图5 圆环形 K-107 非晶铁芯 H-Ψ 曲线

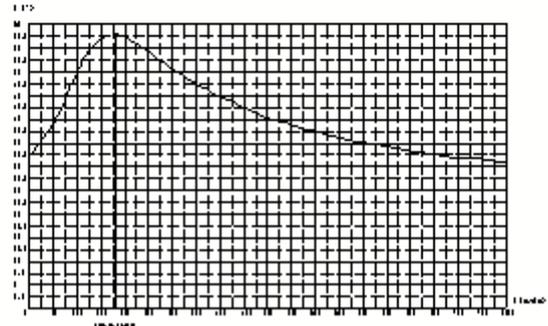


图7 矩形 Z-10 硅钢带 H-Ψ 曲线

参考文献

- [1] 朱元振,刘玉田.基于深度学习直流闭锁判断的高风险连锁故障快速搜索[J].电力系统自动化,2019(22):59.
- [2] 翁汉珺,王胜,林湘宁,等.基于波形相似度的抗电流互感器饱和变压器相位差动保护[J].电力系统自动化,2019,43(4):132-138.
- [3] 左曙光,刘洋,邓文哲.轴向磁通轮毂电机电磁力波灵敏度分析和优化[J].电工技术学报,2018,33(11):2423-2430.

(上接第 125 页)

5 结语

①智能化矿山建设是现代煤炭行业发展的重要趋势，是煤炭改革的标志性建设。煤矿三维透明智能化开采是当今的重要课题，三维透明化地质模型的构建是煤炭实现智能化开采的基础。建设透明化矿山，构建三维地质模型，为智能化矿山精准开采提供全方位的地质保障<sup>[6]</sup>。透明化矿山实现了工业广场、井下巷道、采煤设备、传感器等可视化模型的建立，集设备、人员、监测等数据于一体，可以更加方便快捷地查看生产信息、设备运行状态，亦可以对矿井生产实现远程控制。

②系统全面地介绍了矿山三维系统的技术组成，剖析了三维数据获取与建模、机电设备建模及实时工况展示技术、三维透明化管控平台建设等技术发展趋势。

③透明化矿山关键技术的建设与完善是矿山实现安全、

高效、少人或无人开采的必要条件。

参考文献

- [1] 毛善君,崔建军,令狐建设,等.透明化矿管控平台的设计与关键技术[J].煤炭学报,2018,291(12):287-296.
- [2] 田恺,孙元亮,张勤,等.数字化车间规划设计思路及要点浅析[J].自动化应用,2018(4):92-93.
- [3] 王国法,杜毅博.智慧煤矿与智能化开采技术的发展方向[J].煤炭科学技术,2019,47(1):1-10.
- [4] 杨兴科,苗霖田,段中会,等.数字煤矿生产协同管理平台关键技术[J].中国煤炭地质,2019,31(10):86-92.
- [5] 毛善君.“高科技煤矿”信息化建设的战略思考及关键技术[J].煤炭学报,2014,39(8):1572-1583.
- [6] 王国法,赵国瑞,任怀伟.智慧煤矿与智能化开采关键核心技术分析[J].煤炭学报,2019,44(1):34-41.