

智能储运装系统俯瞰图

绿色高效智能化储运装系统

肖雅静

中煤科工智能储装技术有限公司（简称科工储装），是中国煤炭学会煤炭装载技术委员会的挂靠单位，拥有2个国家煤炭工业重点实验室：煤炭运输计量与控制实验室和煤矿电磁兼容性实验室。科工储装专业从事散装物料快速定量装车、装船、提升机电控、储运装等领域的科技创新、工程设计、技术咨询、设备成套、EPC总承包、运营服务，为客户提供先进的散装物料储运装一体化解决方案和各种散装物料的智能铁路、公路快速定量装车系统成套装备、智能提升机电控系列产品，产品广泛应用于煤炭、矿石、硫磺、岩土、铁精粉、粮食、碱粉等行业。科工储装全面落实集团公司“1245”总体发展思路，始终以先进的技术、卓越的品质、完善的服务、诚信的经营与各界企业精诚合作，为客户创造价值，引领储装科技，创造绿色未来。

智能储运装系统框架

煤炭作为支撑国家经济发展的重要能源，存在北多南少、西多东少的分布差异，决定了煤炭物流西煤东运、北煤南调的基本格局，长距离、多次转运成为煤炭物流的基本特点。因此，需要配套大量的集运站，即储运装系统，满足煤炭收集、存储、配煤、转运的需求。传统的储运装系统智能化水平较低，影响工作效率。随着煤矿生产自动化、智能化水平的提高，列车运力的提升，以及经济的高速发展，传统的储运装系统已不能满足高效储运装的需求。此外，在储运装的过程中煤炭流动会产生大量粉尘，亟需配套储运装抑尘技术。传统的煤炭储运装系统存在环境污染严重、能力不足、效率不高、自动化程度低等问题，基于此，科工储装以智能控制为核心，践行环保设计理念，研发了绿色高

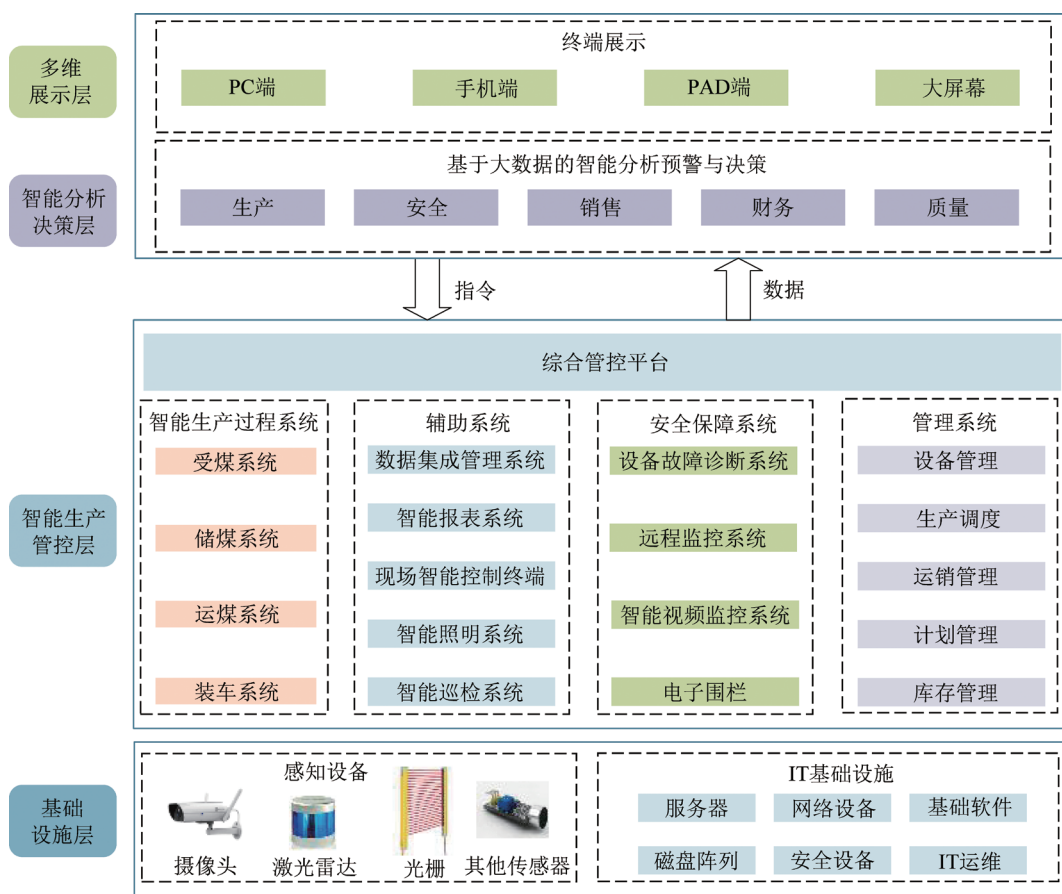


图1 智能储运装系统架构

效的煤炭智能储运装系统。

智能储运装系统建设中引入了物联网、5G、大数据、云计算、人工智能等技术，可实现生产过程控制智能化、经营管理信息化，以构建高效、节能、环保的煤炭智能储运装系统。该系统基于采集到的数据通过机器学习方法，实现生产参数和指标的自适应调整，减少生产过程中人为因素的干扰；建立储运装系统设备的故障诊断及预测模型，以便实时掌握设备的运行状态，减少设备故障时间，切实保证安全生产；通过大数据分析，优化生产组织及管理流程，实现管控信息化、智能化。智能储运装系统提高了现有储运装系统成套装备的性能和智能化水平，提升了生产效率，促进了煤矿安全生产及节能环保。

智能储运装系统总体应用架构包括基础设施层、智能生产管控层、智能分析决策层、多维

展示层：①基础设施层通过各种数据采集、存储设备获得现场数据，并通过网络传输给智能生产管控层；②智能生产管控层把从PLC、传感器、MES等系统获取的数据接入到大数据平台，建立统一的数据规范及标准，达到信息互联互通的效果，进而实现整个系统的智能化管控；③智能分析决策层通过建立智能化模型，实现对生产、安全、质量等进行智能分析预警及决策；④多维展示层通过网络将采集到的数据以可视化的形式推送到各网络终端。煤炭智能储运装系统架构如图1所示。

智能储运装系统落实到实践中需搭建管控一体化平台，覆盖生产、运营、销售、发运、终端全环节，打破信息孤岛，实现数据可视、智能调度控制、智能预测预警等功能。智能储运装系统管控一体化平台部分界面如图2、图3所示。



图2 数据分析界面



图3 装车信息统计界面

智能化技术与装备成果突破

智能配煤

智能配煤系统由在线灰分仪、输送带秤、定重给煤机、执行机构、控制器等构成。该系统采用人

工神经网络等方法建立配煤方案，并针对系统反馈控制过程大时滞、非线性，以及难以建立精确数学模型的特点，结合模糊PID算法完成智能配煤控制过程。智能配煤控制系统将设定的发热量(给定值)与实际发热量(测量值)之间的差值（即煤质偏差）作为输入信号，对输入信号进行处理后输出控制信

号去改变某个或多个煤种的给煤量，最终使混配煤质达到用户要求。智能化配煤如图4所示。

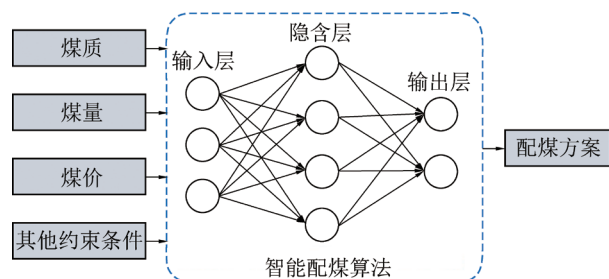


图4 智能化配煤示意

多场景智能无人化高效定量装车系统

科工储装研发了适用于公路装车、铁路装车、港口装车等多场景应用的智能无人化高效定量装车系统。在无需人为干预的条件下，该系统实现了从高精度定重称量配料到向车厢卸料的全工艺流程智能化控制。该系统创新性地融入了三维扫描、点云建模、视频识别、机器学习等关键技术，实现了装

车过程的智能识别、智能检测、智能诊断、智能控制及智能管理。

目前，多场景智能无人化高效定量装车系统已在陕煤集团柠条塔矿业有限公司、鄂尔多斯市国源矿业开发有限责任公司、青岛港董家口矿石码头有限公司等投入使用。该系统突破了传统装车系统人工装车模式的束缚，不仅将操作工从繁重的装车操作中解放出来，而且具有适应性强、装车效率高、装车质量高、设备维护量小、运行成本低等优势，具有良好的经济效益和社会效益。多场景智能化高效定量装车系统通过中国煤炭学会组织的专家组鉴定，达到国际领先水平，并获得中国煤炭科学技术奖二等奖。智能装车现场如图5所示。

智能协同控制

智能储运装系统的目标是实现煤炭储运装过程的无人化操作及智能化运行。智能储运装系统主要包括受煤、储煤、运煤、装车4个关键系统，各系



图5 智能装车现场

统的自动控制过程需细化分析并建立模型,逐步实现集成运行。智能储运装系统具有设备数量多、种类复杂、协同规模大、时延敏感、同步要求高等特点,在大量不同类型的设备协同工作过程中,对设备协同过程的安全性、可靠性及通信效率有较高的要求。科工储装主要研究了如何支持大规模设备协同控制的快捷性和安全性,建立了设备协同系统体系结构。设备协同系统由设备协同流程定义子系统、执行子系统、评估子系统和仿真子系统等组成;建立不同设备的模型,实现大量异构设备的抽象与接入;通过设备协同流程建模语言实现协同流程建模,并支持设备协同的智能化;使用不同的任务调度策略对资源进行分配,实现多任务并行执行,提高了智能储运装系统的执行效率。

智能喷洒降尘

煤炭物料在输运过程中呈现出散体特征,其物理性质介于固体和液体之间,从单个颗粒的角度来看属于固体,而多个颗粒形成的集合体又显示出流体的性态,具有流动性,能在一定范围内保持形状。基于上述特点,科工储装采用离散单元法(DEM)对其进行流动性分析,研究煤炭物料在输运过程及转载过程中的产尘机理和粉尘逸散规律,提出了基于诱导气流分析的产尘机理分析方法

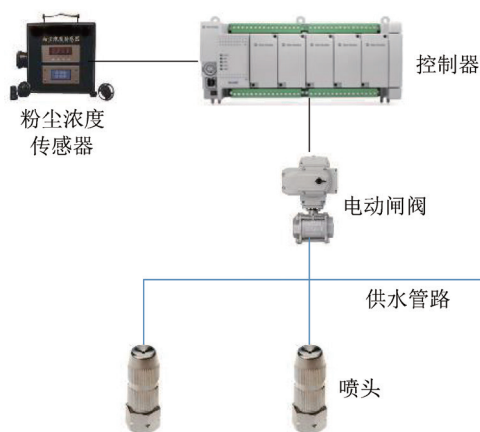


图6 喷洒降尘系统

及综合抑尘技术,并将此项技术应用到储运装智能抑尘中,降低物料下落时的产生量,可满足绿色环保的建设需求。

科工储装研制的喷洒降尘系统(图6)主要包括供水管路、喷头、电动闸阀、粉尘浓度传感器及控制器。喷头和粉尘浓度传感器的位置根据DEM仿真的结果进行布置。该系统根据检测到的粉尘浓度进行自动喷雾降尘。生产过程中,控制器根据实时检测的粉尘浓度及预测的粉尘浓度变化趋势,控制相应喷头前的电动闸阀,水流通过供水管道进入喷头喷出,撞击喷头出口处的碎水器,形成大量雾化水滴喷出,与空气中的悬浮颗粒物接触、凝聚,通过重力下沉实现除尘效果。

人才培养

科工储装为科研团队建设了煤炭运输计量与控制实验室及煤矿电磁兼容性能实验室,为科研项目的顺利进行提供了良好的软件、硬件支持。科研团队先后完成了“十二五”科技支撑计划课题、国家“863计划”项目、中国煤炭科工集团科技创新创业专项课题等10余项科研项目,主要涉及汽车智能装车、火车智能装车、储运装系统智能协同控制等方面的研究。通过这些项目的研究和实施,科工储装培养了一大批智能化储运装方向的专业人才。目前,科工储装在智能化储运装方向,获得中国煤炭工业科学技术奖一等奖1项、中国煤炭工业科学技术奖二等奖2项、中国煤炭工业科学技术三等奖2项,发表Ei、SCI、核心期刊论文50余篇,获得授权专利20余项。

结语

未来,智能储运装系统将重点突破复杂动态场景感知与理解、实时精准定位、面向复杂环境的自适应智能控制等关键技术。在具备深度学习、自适

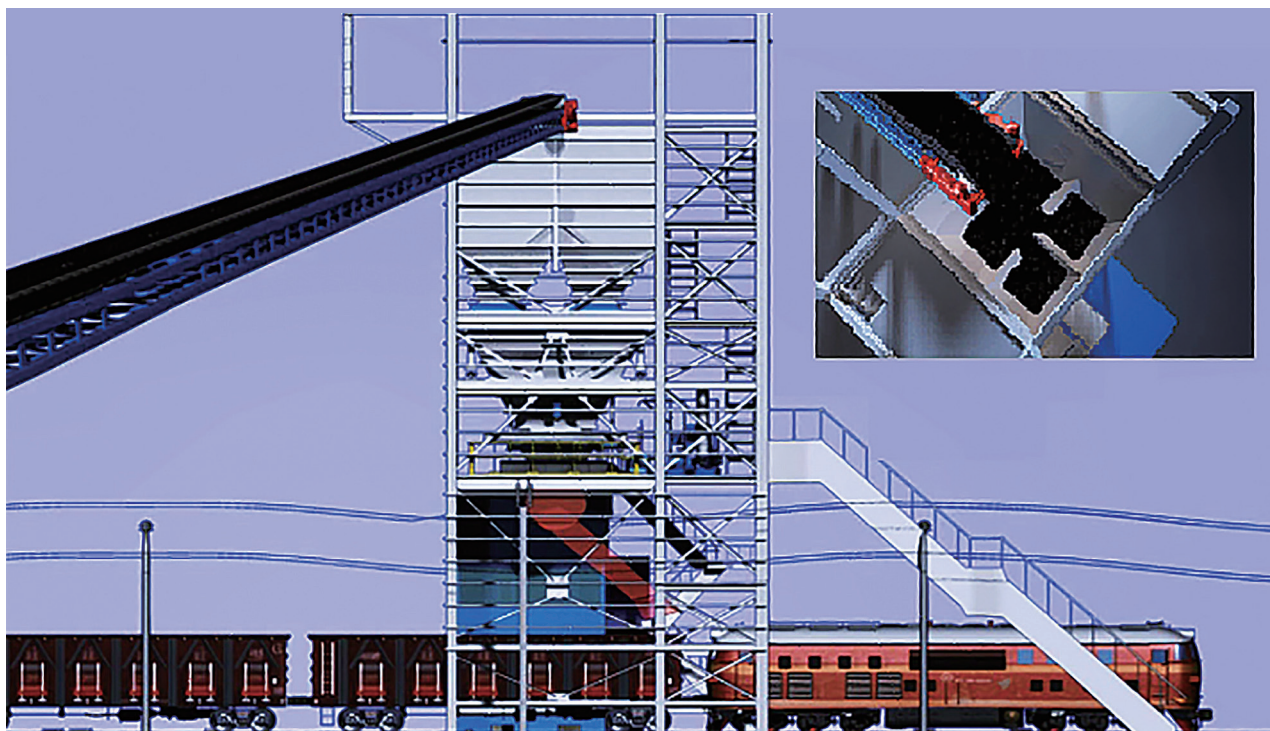


图7 装车站三维模型

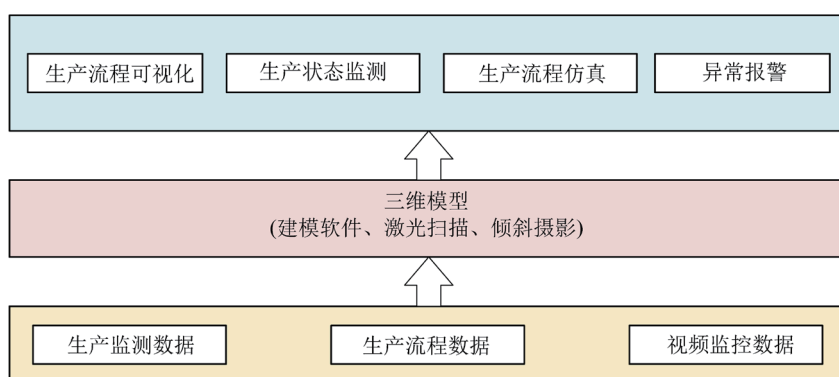


图8 三维可视化实现流程

应操控等特征的基础上，下一步的研究方向是三维可视化交互，以便更加清晰有效地进行信息传达与沟通。科工储装已对装车站的三维模型进行了研究，建立的模型如图7所示。三维可视化交互的实现流程（图8）如下：生产监测数据、生产流程数据、视频监控数据等数据搭载在三维模型上，实现生产流程可视化、生产过程监控、生产流程仿真以及异常报警等功能。在三维可视化交互的基础上，下一步的目标是实现储运装系统的数字孪生，将物理世界中系统动态实时地映射到数字世界，构建起

数字世界对物理世界中系统的描述、诊断、预测及决策体系，优化物理世界中系统的资源配置效率。

■ 责任编辑：李艾稣

作者简介：

肖雅静，工程师，中煤科工智能储装技术有限公司二级专家，博士，现从事数字化矿山、智能化储运装的研究工作。E-mail: 18601131903@163.com

作者单位：中煤科工智能储装技术有限公司