

采场智能岩层控制技术与数据处理技术研究

刘栋,王聪聪*

(河南能源焦煤公司 赵固二矿,河南 焦作 454000)

摘要:煤炭是我国的能源基础,智能采矿是实现安全、经济、高效采矿重要途径。智能岩层控制是实现采矿智能化的重要组成部分。本文明确了智能岩层控制路径为“实时信息采集—大数据信息处理—目标信息提取—判断决策—精确执行”,分析了液压支架的研究状况及能实现的功能,提出了智能岩层控制发展方向为从多样化到统一化的跳跃,提出采场岩层控制的三要素为围岩、设备群、环境,实现“围岩—设备群—环境”一体化智能岩层控制。

关键词:智能采矿;岩层控制;数据采集;地下开采

中图分类号:F406.3;TD823

文献标识码:A

文章编号:1008-0155(2023)09-0024-03

DOI:10.13487/j.cnki.imce.023715

煤炭长期以来是我国的能源基础,2019年煤炭消费量占能源消费总量的57.7%,是推动我国经济发展重要动力之一,是我国能源战略的重点。我国85%的煤炭产量来自地下开采,随着露天采矿技术的发展,在较长一段时间内,地下开采产量不会低于我国煤炭产量80%。因此,确保经济、安全、高效的地下开采是我国长期的研究重点。随着互联网+、大数据的发展应用,大力发展智能化采矿是实现安全高效采矿的重点方向,实现智能岩层控制是实现智能化采矿的核心内容之一。

国内外学者对智能化采矿进行了大量研究。潘俊锋^[1]等人研究了基础静载荷在冲击地压中的作用,提出通过多源信息的调度融合、高速交互的人机设备防控冲击地压方法,明确冲击地压智能防控研究的发展方向。李化敏^[2]等人提出了采场智能岩层控制原理及方法,智能化岩层控制是完成由“静态”向“动态”“试误”向“精准”岩层控制发展的跳板。任怀伟^[3]等人基于信息实体的智慧煤矿逻辑模型,通过智慧煤矿信息的实体及叙事映射机理,实现了信息实体智能匹配、推容及智慧煤矿数据交互,建立了基于开采行为的预测推理的智慧逻辑模型进化机制,在智慧逻辑模型框架之下进行设备群姿态、开采环境—生产系统的开采建模。

现代机械与信息智能化的发展,推动了现代采矿的技术革命,逐步走向智能化采矿。本文认为实现智能化的岩层控制是实现智能化采矿的重要途径之一。岩层控制智能化技术以高精度的多元化信息感应为基础,建立多元性的数据库,依托基于5G技术的高速信息传递和云计算为核心的多线程信息处理技术,以精准智能控制技术的矿山设备为载体,是能够静态储存数据和自主学习修正的技术。

1 智能岩层控制技术

要实现智能化的岩层控制,必须以岩层控制理论

作为指导。目前,采场岩层控制的普遍原理有“砌体梁”理论、“悬臂梁”及关键层理论等。张可斌^[4]等人指出液压支架的额定工作阻力和采场上方的直接顶运动有着直接控制关系,与整体弯曲下沉带呈不可控制关系,通过定量研究确定了液压支架控制采场上覆岩层运动需要的额定工作阻力。

目前,采场环境因素对岩层控制理论的影响研究较少,除了液压支架的支护系统,采场智能岩层控制系统还应有煤壁、顶板、底板等岩层因素,包括水、火、瓦斯等采场环境因素,包括运输机与割煤机的采场设备。利用激光扫描技术对开采的煤壁片帮现象进行智能形态识别与稳定性监测;利用地质雷达技术及三维地质建模技术对未开采的顶底板实现预测建模;对采煤机、液压支架姿态与位移、刮板输送机功率等数据进行精确采集,根据围岩应力状态与岩层完整情况制订控制方案,通过支架等设备,对采场环境进行调整,最终实现“围岩—设备群—环境”一体化智能岩层控制的目的,如图1所示。大力发展机器人技术,用机器人代替巡检人员进行巡视,利用机器人高精度多传感技术,能够水平采集与处理设备群、围岩、环境的数据,并反馈给智能岩层控制系统。

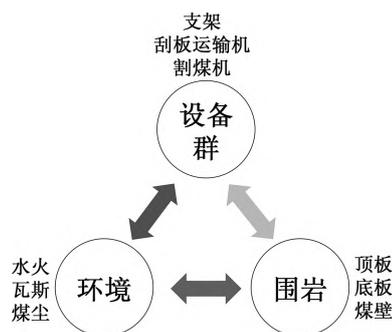


图1 “围岩—设备群—环境”一体化

2 液压支架的研究状况

液压支架作为采场支撑顶板、提供作业空间的关键设备,是智能岩层控制的核心设备。只有掌握顶板的破坏规律,以支架为核心,通过智能控制途径,才能实现岩层的智能控制。随着自动化与信息化技术的进步,液压支架技术已进入智能化初级阶段。目前,液压支架功能主要体现为自动移架、自动跟机、自适互帮、自动调斜、自动调直、智能供液、自测矿压、自动补压、巷道集控等技术的运用^[5]。王国法^[6]等人完善液压支架技术体系,开发高端材料和关键元部件、创新开发适应各种煤层条件和新采煤方法的液压支架新架型和工况自动耦合型液压支架,并提出了基于液压支架力学特性与围岩承载能力的耦合平衡关系,即“强度耦合、刚度耦合、稳定性耦合”,提出“低初撑、高工阻”非等强耦合支护理念和超前支护设计原理,实现超前支护系统与围岩强度耦合、结构耦合及稳定性耦合,增强系统适应性,达到协同支护的目的。研究围岩承载特性及液压支架支护系统的耦合关系,设计液压支架三维骨架模型并优化设计其结构参数。通过围岩自适应控制和队列保持与推进控制两个控制线程,实现群体系统协调控制。

建立起液压支架群组与单个液压支架的合理布置方式与运用法则,使液压支架既能保证采场顶板的稳定性,也能保证单个液压支架结构稳定、不受损害。要大力发展液压支架对采矿工作面的自主适应体系,完善围岩稳定性状态与支架力学体系理论,在此理论体系中,液压支架自身稳定性及围岩失稳情况下的适应性,是液压支架与围岩系统稳定性耦合的关键。

3 多元信息实时采集与运用

3.1 数据的采集

数据采集是实现智能采矿的前提条件。数据来源主要分成两类:动态监测数据、静态储存。静态数据是岩层控制的工作样本和初始条件,为智能岩层控制决策做出示范性作用,动态数据监测是智能岩层控制的边界条件。历史数据和静态数据采用静态储存,动态数据通过实时采集。采矿动态信息采集多种多样,包括地质应力与位移采集、上覆岩层运动的电磁与振动信号采集,后者包括瞬变电磁、微震等覆岩运动的观测手段;包括井下智能装备群电液信号、位态、动作采集;还需要对地下水、火、瓦斯、温度、粉尘等环境参数进行采集,包括生产声波等多方位多元数据。

同时,液压支架是采场围岩控制最重要的支护体,对采场的近场围岩控制具有重要意义,其姿态、支撑阻力、工作面压力分布、操作动作等多元数据是分析围岩稳定性、保障安全生产的重要数据源。对采集的信息

进行有效的甄别与筛选,有利于数据的快速读取与有效存储。井下环境复杂,得到的数据拥有庞大的流量,掺杂大量垃圾数据。同时,为了面对井下源源不断的设备环境信息,进行有效的数据识别和筛选,需要选择数据筛选的逻辑方法。通过多传感技术和多敏感技术实时采集采场信息,对采集的信息进行特征提取,得到数据库需要的目标数据;将目标数据利用数字成像技术、大数据分析等技术进行分类与规划。

3.2 基于 Storm 的数据管理平台

目前,运用广泛的大数据管理平台构架包含 Hadoop、Spark、Storm、Samza 等平台。Storm 是开源分布式实时大数据处理系统,不存储中间数据,具有易用、快速、容错、可靠性和扩展性等特点,适用于在线实时流处理,存储典型应用场景具备实时推荐系统、预警系统和实时数据统计分析等功能。

Storm 框架由一个主(控制)节点(Nimbus 进程)和 Supervisor 节点群构成,通过 Zookeeper 进行协调。Nimbus 负责资源分配和任务调度。一个 Supervisor 节点同时管理多个工作节点工作。Supervisor 会监测所分配机器的工作,根据需要控制工作进程。在这个工作框架中,实时计算应用逻辑的封装是最重要的部分,即 Topology。Topology 是由一系列通过数据流相互关联的 Spout 和 Bolt 构成的拓扑结构。Storm 平台技术结构如图 2 所示。

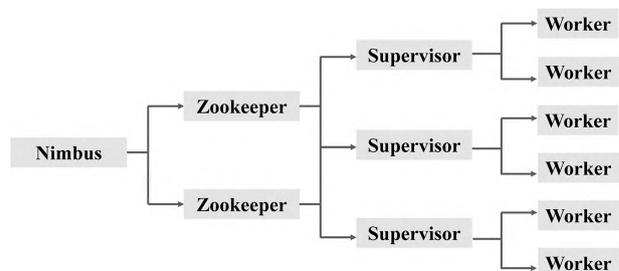


图 2 Storm 平台技术结构

本文提出基于 Storm 原理的数据管理平台,以实现智能岩层控制数据的管理,控制数据调度及数据的精确执行。本平台主要分成五个部分:基础设施层、数据资源层、基础业务层、系统运用层及地面远程操作层,如图 3 所示。基础设施层是数据管理平台运行的硬件与软件支撑;数据资源层采用分布式储存方式,保证数据读取与储存的快速与可靠;基础业务层是整个数据信息管理平台的核心,既能对数据资源层进行管理,又能支持系统应用层的功能;系统应用层是根据智能岩层控制的需要进行功能设计,建立基于 Storm 的信息管理平台更加安全可靠,能够实现实时更新、实时分析,完成数据标准化、数据分析自动化的

任务。

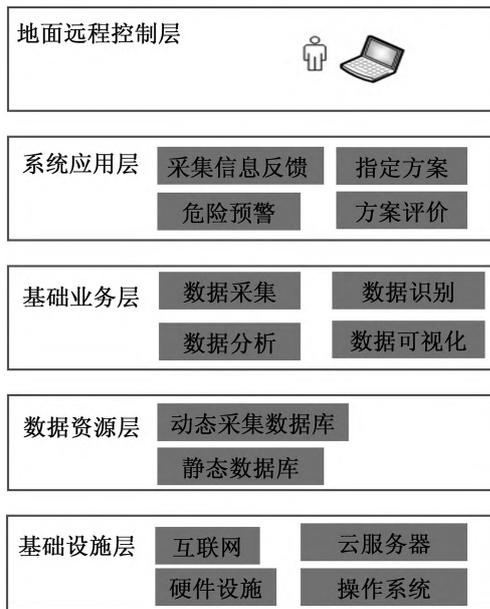


图3 智能岩层控制数据管理平台

3.3 方案的形成与评析

采场的岩层控制主要是支架、顶板、底板、煤壁多参量组成的系统。采场岩层智能控制体系则是“围岩状态与支架力学体系”平衡控制。围岩状态的指标类型有顶板来压、煤壁孔隙发育、顶板完整程度、底板完整程度；支架力学指标类型有底座压力、侧护板压力、支柱压力、护帮板压力、直接高度。人工智能技术和计算机模拟技术以静态数据为基础,通过历史样本、数据对比分析,建立指标的参考数据类型,即安全极限值。对比动态采集的数据与安全极限值,采集数据小于安全极限值则系统判别为安全;采集数据大于安全极限值时,系统判别危险并进行预警。在接收危险警告提示后,根据数据及人机交互决策提供可靠性方案。精确执行方案后,根据再次采集到的围岩状态指标与支架力学指标进行评析,判断“围岩状态与支架力学体系”是否平衡。执行方案会将动态信息监测、解决方案及作用作为历史数据扩充数据库,为下一次的决策提供智能化样本参考。

4 结论

4.1 明确了“实时信息采集—大数据信息处理—目标信息提取—判断决策—精确执行”为实现智能岩层控制的五个主要环节。

4.2 分析了液压支架的研究状况及功能,提出了智能岩层控制发展方向为加强支架对围岩的自适应性,实现液压支架从多样化到统一化的跳跃;提出采场岩层控制的三要素为围岩、设备群、环境,实现“围岩—设备群—环境”的一体化智能岩层控制。

4.3 井下环境恶劣,数据繁多且复杂,明确了采场智能岩层控制数据采集方法及数据识别、筛选逻辑;同时,采场岩层智能控制体系是“围岩状态与支架力学体系”平衡的控制,提出控制方案形成与评析方法;建立了基于 Storm 的数据管理平台,实现实时更新、实时分析,完成数据标准化、数据分析自动化任务。

参考文献:

- [1] 潘俊锋,刘少虹,马文涛,等.深部冲击地压智能防控方法与发展路径[J].工矿自动化,2019,45(08):19-24.
- [2] 李化敏,王伸,李东印,等.煤矿采场智能岩层控制原理及方法[J].煤炭学报,2019,44(01):127-140.
- [3] 任怀伟,王国法,赵国瑞,等.智慧煤矿信息逻辑模型及开采系统决策控制方法[J].煤炭学报,2019,44(09):2923-2935.
- [4] 张可斌,钱鸣高,郑朋强,等.采场支架围岩关系研究及支架合理额定工作阻力确定[J].采矿与安全工程学报,2020,37(02):215-223.
- [5] 葛世荣,郝尚清,张世洪,等.我国智能化采煤技术现状及待突破关键技术[J].煤炭科学技术,2020,48(07):28-46.
- [6] 王国法,范京道,徐亚军,等.煤炭智能化开采关键技术创新进展与展望[J].工矿自动化,2018,44(02):5-12.

作者简介:

刘栋(1989-),男,河南驻马店人,大专,工程师,研究方向:采矿技术;王聪聪(1989-),通讯作者,男,河南焦作人,本科,助理工程师,研究方向:矿井开采。