

# 煤矿巷道智能化掘进关键技术研究

马小浪

(陕西双龙煤业开发有限责任公司, 陕西 延安 727306)

**摘要:** 我国各煤炭赋存区地质条件、资源赋存状况、水资源条件等存在较大差异, 许多开采技术与资源条件并不十分匹配。经过数十年的发展, 综采工作面技术已较为成熟, 回采速度已有大幅提升, 但巷道掘进速度受工作空间和地质环境的影响, 仍存在进尺慢、效率低的问题, 严重制约了矿井的开采效率。为此, 本文通过对装备智能化技术的系统概念、智能化开采的限制因素、多源化监测技术、智能化技术策略以及巷道掘进技术、装备的发展趋势等进行系统的介绍和梳理, 使人们对巷道智能化有个全新的认识。

**关键词:** 煤矿巷道; 智能化掘进; 关键技术

**中图分类号:** TD263

**DOI:** 10.12230/j.issn.2095-6657.2022.06.029

**文献标识码:** A

新时期, 中国的国民经济发展对煤矿开采技术提出了新要求。随着中国国内生产总值的不断上升<sup>[1]</sup>, 能源在国内生产总值中的贡献率也在不断提高。与之相匹配的是煤炭产量, 而与之不匹配的则是落后的煤矿巷道掘进技术和老旧的装备。煤矿巷道掘进技术和装备是保证煤矿开采质量和效率的关键因素。为了满足新形势下智能化矿井建设的要求, 有必要对煤矿巷道智能化掘进关键技术研究。

## 1 煤矿区装备智能化技术路线

煤矿开采装备智能化技术是智慧矿山的核心技术之一, 煤矿区装备智能化技术主要是通过对煤矿环境状态和设备运行状态的实时、准确采集, 采用数据分析技术, 对其采集的数据进行深入的关联性分析, 数据分析的结果能够指导自主决策系统, 使得对煤矿装备发出控制指令, 同时, 根据设备的运行状态, 智能控制系统对所做的决策进行深度学习, 优化自身算法, 包括感知层、网络层、数据层、决策层及应用层。

(1) 感知层: 对外界及自身状态的准确感知是煤矿区装备智能化技术的基础, 感知层是采集设备及外界的环境状态信息, 将机器不可识别的模拟量信息转变为可识别的数字量信息, 通常采用传感器图像识别技术、二维码、标签及智能仪表等状态采集手段。随着煤矿区智能化装备设备感知要求的准确性及多样性的逐渐提高, 煤矿区图像识别技术及多传感器融合技术已成为煤矿区装备智能化的核心技术之一<sup>[2]</sup>。

(2) 网络层: 网络层是将各单机、单独传感器采集到的数据信息进行传输, 网络层通常采用工业以太网、光纤、WSN 及 WLLAN 等手段, 完成单机设备的通讯、控制及反馈。

(3) 数据层: 数据层是将各单机传输的数据进行汇总、整理及分析, 通过对数据的挖掘和分析, 能够将生产过程中产生的杂乱、无用的数据, 转化为可理解的、有用的数据, 包括数

据仓库、数据挖掘、数据关联及数据成长等手段。

(4) 决策层: 决策层是对传输的数据进行分析和处理之后, 以此为根据, 对现在的状态进行判断, 并对整体系统进行综合的决策, 决策层一般包括模糊控制、神经网络、价值判断及故障诊断等手段。随着煤矿区智能化程度的逐渐提高, 以采煤机、掘进机及皮带机为代表传统的煤机装备正向无人化方向发展, 以这些机械装备为载体, 依托感知层、网络层及数据层形成的煤矿区装备自动驾驶技术是未来煤机装备智能化技术的重要发展方向。

(5) 应用层: 应用层指最终执行动作的机械构件, 包括煤矿内所有的机械装备, 如皮带机、采煤机、掘进机及钻机等。

## 2 智能化开采的限制性因素

### 2.1 成套设备的稳定性有待提升

国内矿山主要分布在地质条件较复杂的区域, 在执行、设备以及体系等方面来说, 影响施工器械运转的条件较多, 导致相关设备的功能不能很好地展现。譬如, 综采期间自动化施工水平较差, 将造成具体施工期间异常情况的发生, 严重影响了施工质量。

### 2.2 智能化开采技术的普遍适用性不强

施工期间, 没有良好的掌控矿井下方岩层构造以及矿山压力的波动情况, 无法第一时间展开很好地监测, 信息不明确则无法持续性地开展施工。搜集到的矿层各项参数精确度较低, 无法保证随时监测与准确地预估, 因此在具体施工期间无法精准地掌握所有信息, 可能造成仪器参数规划与矿层信息不匹配, 不能第一时间进行勘测, 也不能依据矿层数据波动情况自行调节, 落实智能化施工<sup>[3]</sup>。

### 2.3 智能化开采的思想、观念和管理模式亟需提升

如今是智慧矿山开采的重要阶段, 自动化施工为前提, 智

能化施工方是重点，但是终极目的为落实无人化施工。截至今天，矿井开采业中针对智能化施工依然缺少对应的准则与规范，所以需要强化智能化施工工艺的研发力度，提高工艺能力。为此在提升智能化施工工艺期间，所有相关人员需要重视指引，把传统的矿山施工转换为精细化施工，并且给予关键的工艺支援与人才培育，确保能够建设具有较高素养的矿井施工队伍。

### 3 智能化感知与多源数据监测技术

#### 3.1 智能化感知技术

##### 3.1.1 掘进工作环境感知技术

井下巷道掘进工作面环境复杂，对环境进行感知是智能化设备运行的基础。若不能有效感知周围环境，可能出现设备偏离掘进位置、无法发现障碍物等问题，甚至会引发掘进事故，危害设备及人员安全。一般来说，可在掘进设备上搭载一系列传感器来实现其对环境信息的收集、分析和处理。但井下掘进工作面环境复杂，常包含粉尘、有毒有害气体等危险源，在掘进过程中也需特别注意对此类环境的感知，最大限度保证作业安全，提高作业效率。

##### 3.1.2 掘进设备运行状态感知技术

掘进设备组成较为精密和复杂，但总的来说可划分为机械、电气和液压三大系统。由于掘进设备所处的工作环境比较恶劣，其在实际运行过程中也常发生各类故障。对掘进设备运行状态进行感知的主要目的之一便是及时发现设备异常状态，作出相应调整，避免故障的发生，以及对各类故障做出诊断，准确判识故障原因。掘进设备的运行状态包含截割速度、截割姿态、皮带运输速度、运输载荷及电流、电压等参数<sup>[4]</sup>。传统的以阈值为判识标准的故障诊断识别方法，无法实现对故障的快速、准确判识。因此，研究人员将神经网络算法应用于掘进设备的运行状态感知和故障判识中。

#### 3.2 多源数据传输与存储技术

井下智能化掘进工作面所需采集和传输的数据种类繁多，比如采掘设备数据、围岩压力与变形数据、涌水量及有毒有害气体等数据。多源数据的传输与存储是利用有线或无线通讯互联网，将采集到的数据传输至数据交换器并进行处理和存储，实现全自动的数据采集、传输和存储，并将决策信息、命令及时反馈给决策者和相应的设备，对处于异常状态的设备进行调整。如图1展示了智能化掘进巷道的顶板位移监测系统架构图，从图中可以看出，该监测系统主要包含井上和井下两部分。井下部分的主要功能是利用传感器对顶板位移数据进行采集，并将数据传输至矿用本安型信息传输接口，然后通过工业以太光纤环网进一步将数据传输至井上的客户端和服务端。由服务器对顶板位移信息进行处理分析，依据分析结果进行下一步指令动作，并将分析结果传递给决策者。例如，当服务器监测到顶

板位移量过大时，可命令掘锚设备减小进尺或停止掘进，以改善顶板位移量。

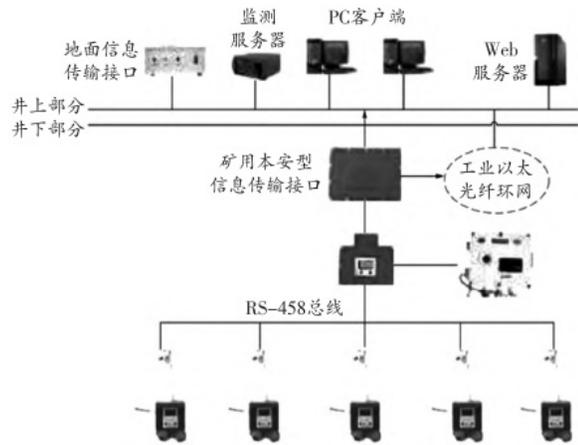


图1 顶板位移监测系统架构图

#### 3.3 集控平台的研制

为保证掘进巷道推进时可同步便捷地移动远程操作台和人机交互的科学合理性，将轻量化、小型化、便捷化和人体工程学等设计思想贯穿到操作台的研制中。该操作台显示内容为作业人员远程可视化掘进操作提供决策依据。通过2901工作面上顺槽远程数据传输网络将工作面音视频、各种工况参数等系统信息集中传输至操作台内置的防爆计算机。利用数据解析技术分场景、分类别地将工作面视频画面、环境和整机关键工况参数以及人员和设备的安全预警信息按照生产作业需求科学地显示在防爆计算机上，将工作面音频信息传输到操作台内置的防爆音箱，从而为操作人员提供多方位、多角度的操作依据。操作台同时预留紧急停机按钮，可接入前方掘进机或附近给掘进机供电的馈电开关。

### 4 矿井智能化建设的策略

#### 4.1 应用定位系统

煤矿施工单位在进行开采作业期间，必须从整体上开展安全管控工作。如今应用GPS系统针对施工人员展开的数据化管控，能够有效地提高管控效果，提高施工过程的安全性。应用先进设备的优势在于能够第一时间掌控施工人员的基础信息，进而针对相应的数据展开监测，有效地提升施工操作的安全性。施工人员GPS系统身为煤矿自动化建设的基础程序，能够通过网络平台应用对应的定位功能，第一时间把收集到的信息传递到监控站，应用互联网针对信息展开精准、高效率地传递，进而保证信息研究与处理工作效果，指引施工人员开展安全操作。若是出现安全问题，定位体系能够呈现出施工人员具体的位置数据，有助于急救工作的实施，从而有效地减少人员伤亡。此种定位体系的使用，还可以监测施工人员的工作时长，提高对于施工人员的管控效果。

## 4.2 使用有害气体监控系统

煤矿施工的安全问题一直是大众关注的热点话题。由于施工情况比较独特、施工条件比较复杂、施工期间支护构造的稳定性较差、施工期间会释放瓦斯等有害气体,这些因素均会危及施工工人的生命安全。想要提高煤矿自动化建设速度,需要合理地应用有害气体监测体系。此程序的使用与以往监控体系相比具有较高的精确性,同时能够良好的应用信息技术把监控到的信息及时传递到处理站,从而保证能够在最短的时间内开展信息的收集与研究。若是有害气体的存储量超过标准值,系统会做出警示,从而在一定程度上提高施工操作的安全。

## 4.3 应用语音双讲系统

如今实现煤矿信息化是必然趋势,也是老矿区转变的关键工作。对此如果想要提高矿井的实际管控效果,安全管控工作者必须良好地和实际的工作进行关联<sup>[5]</sup>。以往的通讯工艺因为硬件设施的约束,在地表下方施工期间由于外界条件的影响信号较差。应用语音双讲体系能够良好的应用信息工艺的的优点,提高通讯效果,同时此体系的稳定性较高,若是发生异常情况,能够提高对煤矿内部状况的掌握程度,进而制定有效的急救方案。

## 4.4 加大投资力度

煤矿的数据化建设必须借助良好的硬件体系进行,所以煤矿公司在促进公司改革期间,必须增加成本的投资,从而创设良好的前提保证智慧煤矿的建设。必须关注专业人员的引进以及培育,聘请专业的技术性人才针对实际施工开展有效的指引。同时关注施工人员的安全学习与专业能力的学习,确保能够培养出优秀的团队,为公司之后的发展奠定人力基础。

## 5 中国煤矿巷道掘进技术和装备发展的趋势

### 5.1 系统集成化发展趋势

系统集成化发展主要体现在快速掘进技术与悬臂式掘进机的联合使用层面,适用于不同地质条件的巷道掘进,达成优势叠加、效用互补的目标,这也是未来快速掘进技术发展的主要方向。集成化系统在悬臂式掘进机完成割煤任务后,利用临时支护支架进行顶板支护,然后将采集到的煤炭运转到运锚机中,通过带式转载机将煤炭运转到后续相配的转载机中,进而实现对迎头地质异常体科学准确探测。在掘进机截割过程中,运锚机能利用自带的钻臂系统实现巷道锚杆支护,从而达成掘锚的作业目标。将巷道掘进作为一项系统工程进行研究,能使相关人员及时发现工艺模式中存在的不足,从而进行调整和优化,探索出一种更有效、科学的一体化掘进模式。此外,通过对掘进装备的不断完善,能有效实现支护、掘进与运输三项合一共同作业的目标,为煤矿支护、巷道掘进及供电排水等相关问题提供针对性解决办法,从而在不断的摸索与实践逐渐构建起

一种适用于多个煤层的煤巷和岩巷快速掘进的新模式<sup>[6]</sup>。

### 5.2 智能化发展趋势

21世纪信息技术不断更新迭代,为人们的日常生活和各行各业的高效运转提供了重要的帮助。从整体发展方向来看,煤矿装备的智能化发展已成为不可逆转的趋势。传统煤矿装备工作效率较低,操作装备的人员劳动强度较大,使得煤矿开采安全无法得到有力保证。如今,在加快煤矿装备和技术智能化的大环境下,故障诊断系统、通信技术等扩大了技术范围,增加了地质鉴别、远程通讯等新功能。目前,国外的研究方向是煤岩识别、通讯技术等,基于截割机械振动的特质,主要利用红外摄像,借助数据分析来识别煤岩边界,再结合理论分析得出精确的研究成果。通过凭借可靠的网络设备和无线传感器等,对设备温度和油液渗漏情况进行动态监测,同时创建可视化故障诊断系统。随着中国科学技术的发展和科学研究的深入,各大工科学术与科研单位之间逐渐形成了合作关系,共同对掘进设备的智能化进行研究探索。尽管目前中国关于煤矿设备这一方面的研究还处于发展初期,但中国对煤矿掘进设备的重视程度,能证明这一领域未来发展的巨大潜力。

## 6 结束语

矿山智能化开采是工业技术革新的主要内容,也是产业升级的核心内容,是当前矿山开采研究的技术重点,支持力度需要持续提高。虽然智能化开采技术存在一些没有解决的问题,但其未来依然有着良好的应用前景,有必要做好相关研究分析工作,推动我国矿山智能化开采事业稳步发展。

### 参考文献:

- [1] 马超, 尤占一, 刘云鹏, 江洋. 煤矿岩石巷道掘进机械化作业探讨[J]. 科技创新与应用, 2021, 11(25): 76-78.
- [2] 李国华. 矿井巷道智能掘进装备的关键技术问题探讨[J]. 矿业装备, 2021(04): 216-217.
- [3] 王飞, 谢进, 罗伟, 王立强. 煤矿掘进工作面智能化改造方案探讨[J]. 陕西煤炭, 2021, 40(04): 182-185.
- [4] 杨传印. 工业互联网在煤炭行业应用探索[J]. 山东煤炭科技, 2020(08): 198-200.
- [5] 刘疆. 煤炭智能化开采关键技术创新进展探究[J]. 老字号品牌营销, 2020(07): 29-30.
- [6] 袁永, 屠世浩, 陈忠顺, 张村, 王沉, 王文苗. 薄煤层智能开采技术研究现状与进展[J]. 煤炭科学技术, 2020, 48(05): 1-17.

作者简介: 马小浪(1989-), 男, 陕西榆林人, 本科, 主要从事煤矿掘进研究。