

综掘工作面机电智能化控制技术研究

黄智军 (山西汾西矿业(集团)有限责任公司曙光煤矿, 山西 孝义 032300)

摘 要: 针对矿井 30903 回风巷综掘工作面存在智能化程度低、掘机效率不高等问题, 依据巷道掘进现状提出采用智能化控制方式提高掘进效率。对智能化控制系统结构以及关键技术进行分析。在 30903 回风巷现场应用后, 巷道综合掘进速度提升约 40.6%, 综掘工作面迎头作业人员数量减少 50%, 取得较好应用成果。

关键词: 巷道掘进; 综掘机; 智能化控制; 围岩支护; 锚杆施工; 机电控制

Abstract: Aiming at the problems of low intelligence and low efficiency of excavator in the fully-mechanized excavation face of 30903 return air lane in mine, the intelligent control method is put forward to improve the excavation efficiency according to the current situation of tunnel excavation. The structure and key technology of intelligent control system are analyzed. After field application of 30903 return air tunnel, the comprehensive excavation speed of the tunnel has been increased by about 40.6%, and the number of workers working in the front of the comprehensive excavation has been reduced by 50%. Better application results have been achieved.

Key words: roadway excavation; Digging machine; Intelligent control; Surrounding rock support; Bolt construction; Electromechanical control

1 工程概况

山西某矿现阶段主采 9# 煤层,煤层硬度均值为 1.2、倾角 5° ,煤层厚度平均 3.8m。9# 煤层顶底板岩性以铝质泥岩、泥岩以及粉砂岩为主。30903 综采工作面回风巷采用综掘方式掘进,巷道断面为矩形(净高 3.8m、净宽 4.5m),顶锚杆、巷帮锚杆规格均为 $\phi 22\text{mm} \times 2400\text{mm}$,间排距均为 $1100\text{mm} \times 1100\text{mm}$,顶板按照 $2200\text{mm} \times 2200\text{mm}$ 间距布置锚索(规格 $\phi 18.6\text{mm} \times 6500\text{mm}$)。在巷道掘进迎头布置有锚杆钻机、带式输送机、自移机尾、吊挂平台、桥式转载机等各类设备。在巷道掘进过程中,受设备以及现场条件制约,各个设备均单独运行,存在一定程度孤岛现象。文中就结合掘进工作面现场实际情况,从提高掘进机综合智能化程度方面出发,对综掘工作面机电智能化技术展开研究,提出基于边缘感知层、平台决策层、执行层以及运维层等方面构建智能控制系统,从而实现掘进迎头机电设备智能化。

2 机电智能化控制技术

2.1 综掘机掘进围岩感知技术

30903 回风巷掘进迎头煤岩体赋存条件复杂,不同区间煤岩硬度、稳定性以及分布情况存在较大差异,从而导致综掘机截割头受到的载荷出现动态变化。为确保综掘机截割效率以及安全性,需要依据现场截割条件不断调整综掘机截割高度、给进速度等。传统采用人工方法判定围岩状态则存在准确性差、效率低等问题。为此,文中提出采用新型综掘机围岩感知技术,具体通过“物探+钻探”相结合方式对掘进面前方煤岩体性质进行探测,该方法具有感知性强、探测速度快、准确性高等优点,具体结构原理见图1所示。

从图中看出,通过采用智能探测系统可实现掘进面四周围岩状态的判定,并依据掘进迎头短距离探测钻孔

探测结果来实现围岩状态的精准判定,从而为后续综掘机掘进参数调整提供指导。

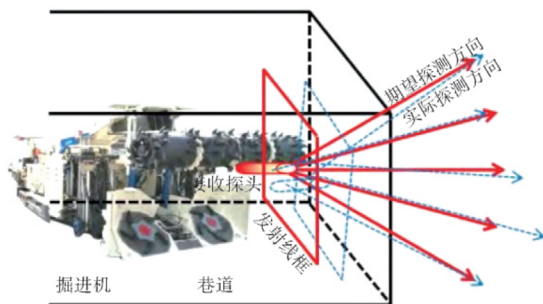


图 1 综掘机掘进围岩感知技术原理图

2.2 掘锚自适应控制技术

现阶段巷道掘进时采用的综锚机设备多采用人工操作,便于作业人员及时根据井下环境变化调整施工参数。但是采用人工操作方式也存在作业效率低下、可靠性不足以及稳定性差等问题,难以满足井下巷道高效掘进需要。为此,文中在围岩感知技术基础上提出锚掘机自适应控制技术,具体控制系统结构见图2所示。

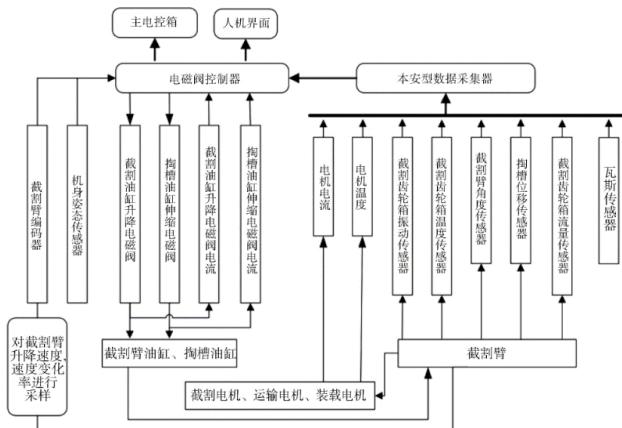


图2 锚自适应控制系统结构

器等部分构成。监测单元获取掘进机上布置的各类传感器监测参数并将监测值传输给数据采集器,数据采集器对监测值进行分析并通过电磁控制器实现掘锚机动作调整。

2.3 截割稳定性控制技术

由于巷道掘进迎头煤岩体会发生变化,综掘机在截割破煤岩时会出现掘进不稳定问题,一般情况下采用降低掘进速度方式提高综掘机截割稳定性,但是此种方式会降低巷道掘进效率。为此,文中提出一种综掘机截割智能控制方案,可在综掘机截割头高速运行时保证截割稳定,具体截割稳定性控制逻辑见图3所示。

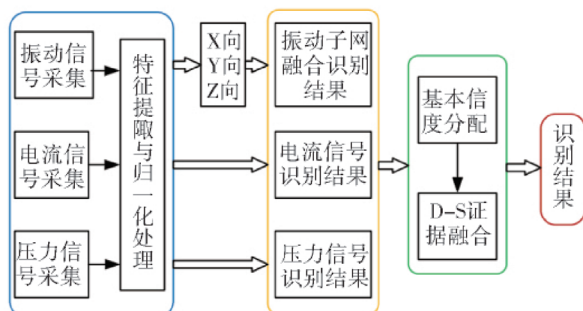


图3 截割稳定性控制逻辑

截割稳定性控制系统可采集截割电流信号、截割振动信号、截割压力信号等,并采用D-S证据理论以及组合神经网络对获取到的信号进行智能分析,实现截割头动载荷快速识别,随后依据识别结果调整截割头液压系统,以便消除截割头破煤岩过程中动载荷影响。在不降低综掘机截割速度基础上实现截割头稳定。

2.4 智能支护

综掘机破岩后需要及时对开挖的围岩进行支护,确保围岩稳定。常规的巷道支护方法采用人工施工锚杆钻孔、孔内下放锚固剂以及锚杆等,存在人员数量多、支护效率低以及安全性差等问题。为此,文中提出采用智能化锚杆支护技术,具体采用锚杆钻车对围岩进行支护,从而实现随掘随支。具体采用的锚杆钻车结构见图4所示。

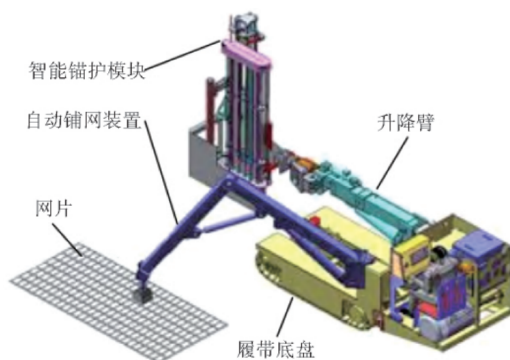


图4 锚杆钻车结构图

锚杆钻车集成铺网、锚杆(索)支护等功能,在锚杆钻车右侧布置有升降臂并在升降臂端部安装有智能控制模块,实现锚杆(索)钻孔自动打孔、下放锚杆(索)等功能;在锚杆钻车左侧布置机械手,机械手在电液控制下可实现金属网盘铺设。现场围岩支护时可通过测量

传感器实现锚杆(索)钻孔钻进深度以及压力监测,并根据钻进参数获取围岩性质。同时使用的锚杆钻车还具备锚固剂状装填结构,可自动实现锚固剂装填,从而大幅提升锚杆(索)施工效率并改善围岩控制效果。

3 现场应用效果分析

对30903回风巷综掘工作面机电设备进行智能化控制技术改造,并进行现场工业应用。现场应用后,该智能机电控制系统可实现综掘设备的智能化联机控制,智能控制系统通过围岩自主识别、综掘设备操作自动控制、设备故障预警等操作,可实现综掘设备的自动化控制柜,并降低综掘过程中人工作业管理频率。

现场应用后,巷道掘进效率由3.2m/d提升至4.5m/d,巷道综合掘进速度提升约40.6%;同时综掘工作面迎头作业人员数量由12人降低至6人,人员数量减少50%。在减人增效方面表现出明显的优势。

4 总结

文中针对30903回风巷综掘工作面存在掘进效率不高、智能化程度低、安全性差等问题,提出一种机电智能控制系统,并重点对该系统涉及到的综掘机掘进围岩感知技术、掘锚自适应控制技术、截割稳定性控制技术、智能支护等进行阐述。

采用的机电智能化控制技术可实现掘进迎头煤岩体变化监测,并依据监测结果智能调整综掘机掘进参数;采用介于D-S论证理论以及组合神经网络的截割稳定性控制技术可提升综掘机截割头稳定性;采用智能支护技术可大幅提升围岩支护效率并降低作业人员劳动强度。现场应用后,巷道综掘掘进进尺提升至4.5m/d,人员数量减少至6名,现场取得较为显著应用成果。

参考文献:

- [1] 白凯军. 煤矿综掘工作面机电智能化控制技术研究与应用[J]. 山西煤炭, 2021, 41(02): 100-104.
- [2] 胡兴涛, 朱涛, 苏继敏, 等. 煤矿巷道智能化掘进感知关键技术[J]. 煤炭学报, 2021, 46(07): 2123-2135.
- [3] 马强, 张再涛, 马勇, 徐育. 综掘工作面智能化开采技术研究[J]. 新型工业化, 2021, 11(03): 51-52.
- [4] 王腾飞. 综掘机智能化远程控制技术[J]. 煤矿机械, 2021, 42(01): 177-180.
- [5] 朱伟, 王虹, 李首滨, 赵文生. 煤矿采掘装备核心控制技术现状和发展趋势[J]. 煤炭科学技术, 2020, 48(12): 153-160.
- [6] 郭海明. 四明山煤矿9104运输巷综掘施工工艺研究[J]. 中国矿山工程, 2020, 49(02): 29-31+34.
- [7] 沈静伟. 综掘工作面智能化开采技术的实践[J]. 山东煤炭科技, 2020(03): 174-176.
- [8] 张彦宏. 厚煤层大断面巷道快速掘进应用实践[J]. 中国矿山工程, 2020, 49(01): 42-44+48.

作者简介:

黄智军(1982-), 男, 宁夏西吉人, 2016年1月毕业于太原理工大学, 采矿工程专业, 本科, 现为工程师。