

Reliability Analysis of the Production System of Intelligent Fully Mechanized Production Face

Song Wang

School of Mining Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan, Anhui, 232000, China

Abstract

The intelligence of fully mechanized mining face is the only way for the intelligent construction of coal mine. The reliability of the production system of intelligent fully mechanized mining face directly affects the production and operation of the working face. This paper puts forward the main factors affecting the reliability of intelligent fully mechanized mining face production system, establishes the reliability analysis model of intelligent fully mechanized mining face production system, and puts forward targeted improvement measures to ensure the "safe and efficient" mining of intelligent fully mechanized mining face.

Keywords

intelligent fully mechanized mining working face; production system; reliability analysis

智能综采工作面生产系统可靠性分析

王松

安徽理工大学矿业工程学院, 中国·安徽 淮南 232000

摘要

综采工作面的智能化是煤矿智能化建设的必经之路, 智能综采工作面生产系统的可靠性直接影响着工作面的生产运行。论文提出了影响智能综采工作面生产系统可靠性的主要因素, 建立了智能综采工作面生产系统可靠性分析模型, 有针对性地提出了改善措施, 保证智能综采工作面“安全, 高效”的开采。

关键词

智能综采工作面; 生产系统; 可靠性分析

1 引言

智能化综采是煤炭开采技术发展的新阶段, 也是煤炭工业技术革命和升级发展的必然要求, 随着综采智能化发展, 其战略地位越来越突出, 智能开采是智慧煤矿核心系统之一^[1,2]。当前, 许多煤炭企业把握技术发展的新趋势, 大力实施开采技术装备升级, 为智能化综采技术提供了重要机遇, 也面临着对其认识不足等现实问题^[3]。对智能综采工作面生产系统进行可靠性分析, 从提高工作面产效水平的角度, 找出影响“安全, 高效”生产的因素, 减少盲目性, 这对传统矿井和智能化矿井而言都具有重要的现实意义。

2 工程背景

13133 综采工作面为张集矿智能化综采工作面, 该面处于张集矿 13-1 煤层瓦斯突出危险区, 预计该工作面区域内原始瓦斯含量 2.55~4.32m³/t, 原始瓦斯压力 0.42~0.84MPa。根据周边采掘工程及三维地震资料分析, 该面共发育断层 4

条, 落差均小于 1/2 煤厚, 对工作面回采影响较小。水文条件中等。该工作面受沿空、蹬空及下伏 11-2 煤塌陷影响, 造成其附近周期性来压较强烈。自 13133 智能综采工作面正式投产以来, 受智能化程度、人、机、环境因素等影响, 致使工作面智能化开采效率低、设备损坏率高, 智能综采工作面生产系统可靠性难以保障。

张集煤矿通过对建成的智能化煤矿调研, 进行顶层设计。控制系统选用 SAM 综合自动化控制系统、SAC-UP 电液控制系统和 SAP 集成供液控制系统。智能化装备配套明细见表 1。

3 智能综采工作面生产系统可靠性分析

3.1 影响因素

智能综采工作面生产系统的可靠性是指智能综采工作面生产系统的各单元之间相互协调配合的有效性。组成智能综采工作面生产系统的各个单元不仅涉及面广而且许多因素是随机的。各单元自身的有效性以及它们之间的协调配合是一个复杂的系统问题需要用系统工程的方法进行深入的分析^[4]。影响智能综采工作面生产系统可靠性的主要因素如图 1 所示。

【作者简介】王松(1997-), 男, 中国安徽肥西人, 在读硕士, 从事煤炭智能开采研究。

表 1 智能化装备配套明细

设备名称	设备型号	主要技术参数
液压支架	ZZ13000/28/65D	采高范围：2.8~6.5m；工作阻力：13000kN；支护宽度：1.67~1.87m；支架中心距：1.75m。驱动方式为电液控制；控制方式：远程控制、遥控控制、就地控制
超前支架	ZQL2×5000/21/40D	支撑高度：2.1~4.0m；有效支护长度：7.6~8.3m（一组）；工作阻力：2×5000kN。剃式交错迈步自移；驱动方式为电液控制；控制方式：远程控制、遥控控制、就地控制
采煤机	MG750/1900-GWD	采高范围：2.6~5.0m；截深：865mm；适应煤层倾角：0°~12°；牵引功率：2×120kW；电压等级：3.3kV
刮板输送机	SGZ-1000/1710	输送量：2500t/h；电机功率：2×855kW；链速：1.44m/s；电压等级：3.3kV
转载机	SZZ-1000/400	输送量：2600t/h；电机功率：400kW；链速：1.83m/s；电压等级：3.3kV
带式输送机	DSJ120/160/3×315	输送量：2000t/h；胶带型号：PVG1600S/1200mm；带速为：4m/s
	DSJ120/160/2×355	
破碎机	PCM-250	破碎能力：3000t/h；最大排出粒度≤300mm；最大输入块度：长度不限，宽×高为：1000mm×1000mm

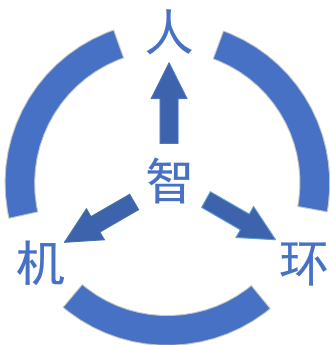


图 1 智能综采工作面生产系统可靠性主要影响因素

与传统的煤矿综采工作面相比，智能综采工作面由于智能化技术的引入，传统的生产系统可靠性分析模型已不再适应现有的生产模式。影响生产系统可靠性的主要因素也从人、机、环境增为智能化程度、人、机、环境。针对人员因素而言，人工智能、机器人技术在煤矿的使用，使得煤矿逐步进入少人化、无人化开采模式，大大削弱了人为失误对生产系统可靠性的影响；针对工作环境因素而言，智能化地质保障技术、5G、数字孪生技术的发展，增强了设备对工作环境的适应性，降低了设备的故障率；针对设备因素而言，智能控制技术的使用，使得设备工作状态可视化，设备可以自诊断、故障预测，提高可靠性。

3.2 智能综采工作面生产系统可靠性分析模型

智能综采工作面生产系统由多个子系统构成，包括信息化系统、智能开采系统、智能运煤系统、智能支护系统、智能供电系统、智能供液系统、智能安全监测系统。信息化系统由感知层、网络层和应用层组成，任何一层设备发生了故障都将会导致信息化系统出现功能性故障。智能开采系统由采煤机、液压支架、刮板输送机与其智能控制系统组成。

智能运煤系统由转载机、破碎机、胶带输送机与其智能控制系统组成^[5,6]。智能支护系统由端头支架与超前支架与其智能控制系统组成。智能供电系统由高压供电系统、变压器、保护系统、启动器与其智能控制系统等组成。智能供液系统由泵站与其智能控制系统组成。智能安全监测系统由通风设施、瓦斯及煤尘检测监控设备与其智能控制系统等组成。以上各子系统内部任一设备单元发生故障都会使各智能开采系统出现功能性故障，因此可简化成可修复的串联系统。系统可靠性分析模型见图 2。

智能综采工作面生产系统设备有效度为 A_1 为：

$$A_1 = \left(\sum_{n=1}^n \frac{1}{A_i} - (n-1) \right)^{-1} \quad (2-1)$$

式中： n ——子系统个数；

A_i ——第 i 个系统的有效度。

智能综采工作面生产系统整体有效度 A 为：

$$A = \frac{1}{\left(\frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} + \frac{1}{A_3} - 2 \right)} \quad (2-2)$$

式中： A_1 ——智能化工作面生产系统设备因素有效度；

A_2 ——智能化工作面生产系统人员因素有效度；

A_3 ——智能化工作面生产系统环境因素有效度。

4 智能综采工作面生产系统可靠性的改善措施

①提高综采工作面智能化程度。对传统正常工作面的生产系统进行智能化的改造，符合煤矿产业发展趋势，同时生产系统智能化，将减少人员失误，提高设备故障预测能力，预知回采过程地质变化情况，极大的加强了工作面生产系统的可靠性。

②提高人员的素质。智能综采工作面系统虽然削弱了人的主导地位，但对人员素质的要求却大大提高。因此需要

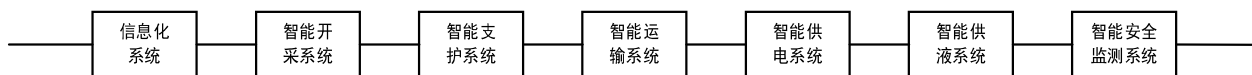


图2 智能化综采工作面生产系统可靠性分析模型

对工作人员进行培训，加强工作人员对智能化工作面的认识，提高工作能力，以适应智能化开采现状，确保智能化综采工作面的正常开采，提高生产系统的可靠性。

③保证设备与智能控制系统配套性。综采工作面地质条件复杂、工作环境恶劣，需保证综采设备的智能控制系统能够适应复杂的地质条件与工作环境，来减少设备因控制系统决策错误产生的故障，提高智能开采系统的可靠性。

④建立完善的智能化设备管理、监控、自预警系统。及时的设备故障预测与自诊断将加强设备的检修和维护能力，降低设备的故障率，增加修复率，从而提高综采设备的可靠性。

5 结语

智能综采工作面生产系统是一个复杂的系统，它的可靠性与综采工作面的智能化程度、人、机、环境等因素密切相关。随着煤矿智能化建设的发展，提高工作面智能化将是

提高生产系统可靠性最有效、最迅速的方法。只有围绕综采工作面智能化这一中心环节，才能有效满足煤炭“安全、高效”开采的要求。

参考文献

- [1] 王国法,杜毅博,任怀伟,等.智能化煤矿顶层设计研究与实践[J].煤炭学报,2020,45(6):1909-1924.
- [2] 王国法,庞义辉,刘峰,等.智能化煤矿分类、分级评价指标体系[J].煤炭科学技术,2020,48(3):1-13.
- [3] 王国法,任怀伟,庞义辉,等.煤矿智能化(初级阶段)技术体系研究与工程进展[J].煤炭科学技术,2020,48(7):1-27.
- [4] 张建华,吴健斌.综放工作面生产系统可靠性分析[J].华北科技学院学报,2005(3):44-46+124.
- [5] 乔石军,刘混举.薄煤层综采工作面生产系统可靠性分析[J].煤矿机械,2014,35(7):101-103.
- [6] 索永录,刘建平,王立峰.复杂条件综放工作面生产系统可靠性分析[J].陕西煤炭,2007(1):5-7.