

薄煤层综采装备可靠性建模与分析

范 成

国家能源集团神东煤炭石圪台煤矿 陕西榆林 719315

摘要：在中、厚煤层资源匮乏的背景下，国家更加关注薄煤层的开采，而薄煤层综采设备的研制与开发，也成为国内各大煤机公司研究与开发的重点，并取得了长足的进步。但薄煤层因其空间狭小，设备维护及设备搬运不便等特点，使其在设计上具有较高的难度及可靠性；同时，由于薄煤层地质构造的特殊性，对综采设备的功率、适应性等提出了更高的要求。

关键词：薄煤层综采装备；可靠性；建模与分析

Reliability modeling and analysis of fully mechanized mining equipment in thin coal seam

Cheng Fan

State Energy Group Shendong Coal Shigetai Coal Mine Yulin, Shaanxi 719315

Abstract: Against the backdrop of limited resources in medium and thick coal seams, there is a growing national focus on the extraction of thin coal seams. The development and design of comprehensive mining equipment for thin coal seams have become a primary area of research and development for major domestic coal mining companies, and significant progress has been made in this regard. However, the narrow spatial constraints and challenges related to equipment maintenance and transportation in thin coal seams make the design of equipment particularly complex and demanding in terms of reliability. Furthermore, due to the specific geological characteristics of thin coal seams, there are higher requirements for the power and adaptability of comprehensive mining equipment in this context.

Keywords: Thin Coal Seam Fully Mechanized Mining Equipment; Reliability; Modeling and Analysis

前言：

本项目以某煤业公司薄煤层综采系统为研究对象，对其进行人、机、环境影响分析，采用可靠性基础理论、人机工程学等方法，对其进行可靠性建模，并对其进行分析，找出其存在的缺陷和缺点，进而提出相应的改善措施，以提高综采系统的效率，降低设备的失效次数，缩短维修时间，增强整体的可靠性，增加经济效益。

一、课题研究目的及意义

薄煤层是我国最大的煤层，其分布范围很广，约占全国总储量的20%。已探明的矿床中，84.2%的矿床上都赋存有薄煤层。薄煤层开采难度大，投入产出比低，在国内已成为一个难题。同时，在我国大部分的煤矿中，厚、薄煤层并存，少量的煤矿开采弃薄，既造成了资源的浪费，又存在着矿山的安全隐患。该方法也违反了《中华人民共和国煤炭法》第29条“煤炭资源的开

发，应当按照采矿技术规范，按照合理的次序进行，以达到一定的采收率。”为此，加快薄煤层的机械化采煤技术和综合采煤设备的开发具有十分重要的意义。随着国家对薄煤层开采的日益重视，薄煤层综合采煤设备的研发也成为国内各大煤矿机械研究所及煤炭企业的重点。同时，由于薄煤层地质构造的特殊性，对综采设备的功率、适应性等提出了更高的要求。同时，综采设备的可靠性水平，直接关系到煤矿的高产、高效和煤矿的安全生产^[1]。为此，有必要对薄煤层综采设备进行可靠度分析。在国内，薄煤层的综采工艺可分为两类：一类是采用刮板输送机、液压支架配合滚筒式采煤机，另一类是采用刮板输送机、液压支架配合滚筒式采煤机。这两种采矿方法都有其各自的特征和适用范围。刨煤机综采装置工作安全，不需要人员跟随操作，块煤率高，适合于对煤层厚度很小，煤层地质条件变化不大的煤层进行开

采; 滚筒采煤机是一种适应性强, 切削效率高, 对地质条件无严格要求的新型采煤机具, 特别适用于赋存条件多变、断层多的硬煤和薄煤层的开采。本论文以薄煤层综采工作面装备可靠性为研究对象, 对其进行了人、机、环境的影响分析, 利用可靠性理论、人机工程学以及MATLAB软件, 对其进行了可靠性分析与计算。(1) 对薄煤层的机械采煤特性进行了分析, 并对其进行了详细的结构特征分析, 包括采煤机, 刮板输送机, 液压支架等^[2]。(2) 根据采集的现场装备生产运行资料, 应用可靠度原理, 构建了综采工作面装备系统可靠度模型, 并应用MATLAB数学软件对其进行了分析与处理, 得出了各装备的可靠度指标。分析结果表明, 在薄煤层采煤机上, 失效时间在整个设备中所占比例最大, 而可靠性最小。(3) 对薄煤层采煤机、刮板输送机和液压支架等主要设备, 应用故障树方法对其关键设备进行了故障树的构建, 并对其进行了失效分析, 最终给出了可靠度的保障方法。(4) 对薄煤层综采开采过程中, 人为因素、环境因素等因素的作用进行了分析, 并给出了相应的改进方法。

二、薄煤层机械化开采特点

我国的井工开采矿山中, 长壁式采矿技术是我国在薄煤层开采技术中所使用的主要采煤技术。在我国, 薄煤层的综合机械化采矿方法有三种: 刨煤机配刮板输送机, 液压支架综合机械化; 滚筒式采煤机带刮板输送机和液压支架的综合机械; 螺旋式钻井方法。目前, 该采煤技术主要应用于前两种采煤方式。相对于中厚煤层而言。

1. 薄煤层的机械化综合开采特点

(1) 采高、采低, 作业环境恶劣, 设备不易移动。特别是在综采工作面, 在最小回高低于1m的情况下, 工作人员进出工作面和操作都很困难。由于井筒尺寸的限制, 薄煤层开采机具及液压支架的设计比较困难^[3]。(2) 采空率大, 回采工作面的接续压力大。随着长壁机械化开采技术的不断发展, 大采高工作面的推进速度不断提高, 然而, 薄煤层大采高回采巷道属于半煤岩巷, 其掘进速率较低, 导致大采高的大采高在大采高条件下, 大采高的大采高顶替压力大, 给大采高带来了极大的挑战。(3) 由于煤层厚度的变化和断裂等地质结构的存在, 对长壁薄层的开采有很大的影响, 使长壁薄层的综采或机采工作面的布置比较困难。(4) 长壁薄煤层机械化开采具有较高的投入与产出比率。与中厚煤层的开采相比, 经济效益差得太多了。在中厚煤层综采工作面, 由于设备投资较大, 且设备的装机功率与支架工作阻力相近,

但其单位产量与生产效率通常仅为中厚煤层的二分之一。因此, 在薄煤层开采中, 采用机械化的综合采煤方法, 是获得高产量、高效率的重要手段。

2. 薄煤层液压支架技术特点分析

在进行液压支架的结构设计时, 要将薄煤层开采的技术特征以及空间狭窄的地质情况进行充分的考虑, 着重将降低整体匹配高度并确保其工作性能, 以达到三机匹配技术的要求。在结构上, 以简化、可靠为目标, 同时又要使其具有较高的可靠性, 同时又要使其具有较小的体积、较轻的重量, 保证快速跟机作业。(1) 简化了结构, 在支撑上使用了整体上梁式结构, 增加了上梁式宽度, 并没有设置护帮支撑;(2) 托架上横梁采用一种薄的、具有高强度的片材。在工作面通风断面上, 以及在采煤机机面和支架顶梁之间的空隙;(3) 在支架上使用双平衡千斤顶的结构, 在增大缸径的同时, 还可以提高千斤顶对支架顶梁及掩护梁的调整能力;(4) 托架搬运系统在严酷的工作条件下, 动作频繁, 为保证其可靠、耐用, 需通过增大圆筒直径, 增大托架、推滑的推力。增加推溜力, 也能解决在特定工况下, 煤机装煤效率低的问题;(5) 基座结构设计中, 增加了煤矸石从千斤顶两边经过的间距; 同时还应充分考虑到移动千斤顶的拆解问题, 确保其易于更换^[4]。(6) 自动化的控制, 由于很难行走, 所以该操作系统应该实施分组控制或者自动控制, 以增加生产的安全性和效率。

3. 薄煤层刮板输送机技术特点分析

第一, 薄煤层开采对刮板输送机的要求。在薄煤层中使用的运输机, 具有区别于中、厚煤的特性。采煤机在生产的过程中产生的剧烈震动将会使溜槽发生倾斜, 机组齿轨轮和溜槽销轨啮合不良, 导致齿轨轮和销轨剧烈摩擦, 容易损坏, 且较易发生机组的导向滑靴和销轨别卡, 造成导向滑靴的损坏。另外, 为减少装置失效, 还需解决如下问题, 即:(1) 滑槽挡煤板不能高于机体, 并尽可能减小中间凹槽高度, 增加单元过煤高度;(2) 将刮板运输机的卸料高度及减少运输机对轮联接盖的直径;(3) 可将发动机的头部和尾部进行调换, 并利用高效率的减速装置, 实现了发动机的双速启动;(4) 提高中间凹槽和其他重要零件的工作强度和性能, 以确保整个设备在严酷条件下工作的可靠性;(5) 提高刮板输送机对煤层厚度和倾角的适应性, 使其在薄煤层中获得高产量和高效率。

三、人一机一环境系统概述

1. 人一机一环境系统工程概念

人一机一环境系统工程是利用系统科学的理论和系

统工程的方法, 对人、机、环境三大因素之间的联系进行正确处理, 对人—机—环境系统进行最优组合进行深入的研究。在制度中, “人”是人, 是作业的主要对象(比如操作者); “机”是人类操纵的所有物体(如: 汽车, 飞机, 采煤机等); “环境”是指人和机器共同处于的特殊工作状态。

2. 综采工作面人—机—环境系统的特点

综放开采是“人—机械—环境”的一个动态过程。其既有普通系统的特性, 又有其独特之处, 其主要表现为: (1) 矿工质量不高。因为在矿井下, 工作的工作环境十分糟糕, 而且工作的时间很长, 所以很难吸引到具有相对高文化、技术素质的员工, 这对矿井的安全和高效的生产造成了不利影响。(2) 煤矿综合开采设备的可靠性较低。我国煤矿机械化、自动化程度虽然得到了较大的发展, 但与国外相比仍有较大的距离, 特别是薄煤层综采装备的可靠性, 自动化程度较低, 成为煤矿生产和事故的隐患。(3) 矿井地下作业环境恶劣, 环境变化大。矿井下的工作条件, 不但会对人们的工作水平, 而且会对人们的情绪、心理和生理状况产生影响, 而且还会对综采设备造成损害。在人—机—环境系统中, 人起着决定性的作用, 机起着重要的作用。然而, 人和机各有所长, 又各有短处, 只有他们各自发挥自己的特长及互补自己的短处, 才能使整个系统达到最佳效率。机械的反应速度远不如人类, 但是它的稳定性极高, 而且可以在很长一段时间内, 不断地重复工作, 不会出现任何错误。

四、综采工作面环境系统

综采工作面环境对“人—机—环境”系统的可靠性有很大的影响。工作人员、机械设备等都要在特定的工作条件下工作并工作, 工作条件对工作人员的工作效率, 身心状况, 身体健康等都有很大的影响; 同时, 机械设备的高效率运转也会受到各种环境因素的影响, 特别是矿井中的各种设备, 如矿井中的温、湿、煤灰等, 对这些设备的影响更大。环境是造成矿井安全事故的根本原因, 减少环境对矿井安全的负面作用, 改善矿井安全环境, 是提高矿井安全可靠度的重要途径。在此基础上, 提出了综采工作面环境的评价方法。地质环境包含了地质结构的复杂程度, 围岩的稳定性, 瓦斯及水文地质条件, 煤层的自燃性及稳定性, 煤层的倾角, 采高, 顶底板状态, 以及煤层的硬度等自然条件。作业环境指的是对工人工作舒适度、系统可靠度、工作效率和设备运行有影响的噪声环境、微气候环境、光环境及有害物质环境等。综采工作面的地质环境以某一数值来确定其可靠

性; 而综采工作面工作环境的可靠性并不是一个固定的数值, 而是对人的工作可靠性有直接的影响, 因此, 通过对其的改善, 可以使整个系统的可靠性得到提升。

五、改善综采作业环境状况的措施

综采工作面工作环境对人的身心状况、工作效率、身心健康等都有很大的影响。所以, 改善综采工作面的工作环境是非常有必要的。我们采取下列措施来提高我们的环境质量: (1) 减少煤层气的含量。因此, 要加强对矿井通风的管理, 做好对矿井通风设施的维护, 实行自动监测, 选择合适的通风系统; 要提高工作面的回采率, 降低漏煤现象。(2) 降噪方法。综采工作面噪音主要来源于采煤机切割产生的噪音。对煤层进行注水, 对煤体进行预湿化处理, 达到软化的目的; 为了减小刮板输送机的噪音, 在刮板输送机上安装了隔音罩。(3) 防尘对策。水添加湿润剂、磁性水降尘、泡沫清灰; 提高员工的保护水平。(4) 提高工作面的照明质量。本文介绍了几种常用照明光源的布置方法, 并对其进行了改进, 提出了一些改进措施。

六、结语

本文对煤矿综采工作面人、机、环境系统的特征进行了分析, 将人与人之间的特征进行了比较, 分析了综采工作面操作人员的人因失误产生的原因, 并总结出了综采工作面环境系统。综采工作面的工作环境可靠性并不是一个固定的数值, 而是一个与人的工作可靠性有关的数值。并在此基础上, 对提高综采工作面的工作环境, 提出了行之有效的对策。本文的重点是对薄煤层综采装备的可靠性进行了研究, 可靠性的研究需要大量的数据, 而现场的数据又不是很全面, 这就需要在今后的研究中注意这方面的统计。本次对薄煤层采煤机、刮板输送机、液压支架等关键部件进行了研究, 对系统中的其它部件进行了深入的研究和分析。另外, 对于人与环境的分析只是一个定性的描述, 希望在今后的研究中能有更多的定量分析, 从而进一步提高整体体系的可靠性。

参考文献:

- [1] 索俊杰, 李宗杰, 杨国梁. 薄煤层智能成套综采装备应用[J]. 煤矿机械, 2023, 44(04): 158-160.
- [2] 陈飞, 刘华云, 章涛. 薄煤层智能化综采装备及开采工艺实践[J]. 煤矿机械, 2023, 44(03): 108-111.
- [3] 周波. 综采工作面主要综采装备的智能化技术探讨[J]. 西部探矿工程, 2022, 34(09): 147-149.
- [4] 乔石军. 薄煤层综采装备可靠性建模与分析[D]. 太原理工大学, 2014.