

煤矿综采工作面无人化开采的内涵与实现

张 良,李首滨,黄曾华,王旭鸣

(北京天地玛珂电液控制系统有限公司,北京 100013)

摘 要:针对目前煤矿井下综采工作面无人化开采的概念、可行性及实现方式等存在争议的现状,提出了综采工作面无人化开采的内涵,并阐明了工作面无人化与工作面智能化、自动化等内在联系与区别;分析了影响无人化开采的技术因素和非技术因素,并提出了无人化开采需经历遥控型无人开采和智能型无人化开采 2 步走的技术路线。通过在陕西煤业化工集团黄陵矿业有限公司一号煤矿中厚偏薄煤层无人化开采的试验,证明了遥控型无人开采是实现煤矿井下综采工作面无人化开采的有效手段,具有在薄及较薄地质条件较好的工作面推广的应用价值。

关键词:综采工作面;综采装备;无人化开采;远程遥控

中图分类号:TD67 文献标志码:A 文章编号:0253-2336(2014)09-0026-04

Definition and Realization of Unmanned Mining in Fully-Mechanized Coal Mining Face

ZHANG Liang, LI Shou-bin, HUANG Zeng-hua, WANG Xu-ming

(Beijing Tiandi-Marco Electro-Hydraulic Control System Co., Ltd., Beijing 100013, China)

Abstract: Aiming at the controversy about definition, feasibility and realization of the unmanned mining in fully-mechanized coal mining face, this paper clearly presented a definition of unmanned mining in fully-mechanized coal mining face, and expounded the internal connections and differences among unmanned mining, intelligent and automatic mining. This paper also analyzed the technical and non-technical influence factors of unmanned mining, and proposed the two steps about the realization of unmanned mining: first remote-control mining and second intelligent mining. The case of Huangling Mine No.1 showed that remote-control mining was an effective method of unmanned mining in fully-mechanized coal mining face, and had the application value of promotion in thin and relatively thin seam where the geological condition was good.

Key words: fully-mechanized coal mining face; fully-mechanized mining equipment; unmanned mining; remote control

0 引 言

目前,我国煤矿安全形势依旧严峻,综采工作面事故高发。2013 年全国煤矿顶板事故 274 起、死亡 325 人,分别占总事故起数和死亡人数的 45.4% 和 30.5%,较大顶板事故 8 起,其中采煤工作面占 4 起;全国煤矿瓦斯事故死亡 348 人,占煤矿事故总死亡人数的 32.6%,重大以上瓦斯事故 10 起,其中采煤工作面占 7 起。在环境危险、恶劣的综采工作面,

实现少人或无人开采,直接减少采煤工作面的人员数量是减少人员伤亡、保障安全的重要手段,由发生事故后被动的人员救险转变为主动减少井下工人数量已在业内形成了共识,即无人则安。然而,综采工作面无人化开采成功案例很少,因此对综采工作面无人化开采存在许多争议,主要体现在以下 4 个方面:①综采工作面的界定存在分歧,工作面是否包括运输巷和回风巷;②对无人化的定义有不同的理解,有的认为工作面内没有人即无人化,有的认为工作

收稿日期:2014-07-02;责任编辑:赵 瑞 DOI:10.13199/j.cnki.cst.2014.09.006

基金项目:国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2013AA06A410);北京市科技计划重大科技成果转化落地培育资助项目(Z141100003514025);中国煤炭科工集团重点资助项目(2012ZD001)

作者简介:张 良(1964—),男,山东威海人,研究员,现任北京天地玛珂电液控制系统有限公司董事长。E-mail:zhl@tdmarco.com

引用格式:张 良,李首滨,黄曾华,等.煤矿综采工作面无人化开采的内涵与实现[J].煤炭科学技术,2014,42(9):26-29,51.

ZHANG Liang, LI Shou-bin, HUANG Zeng-hua, et al. Definition and Realization of Unmanned Mining in Fully-Mechanized Coal Mining Face[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(9): 26-29, 51.

面内不需要人操作,但需要有人巡检,也可以叫无人化;③对实现综采工作面无人化开采的路线存在争议,有的认为,要实现工作面无人化,必须先解决采煤机、液压支架等主要设备的智能化自适应技术难题;④有的认为,综采工作面的环境恶劣,煤矿井下地质条件复杂多变,不可能实现无人化开采。为解决以上争议,笔者将从基本概念入手,深入研究综采工作面无人化开采界定性条件,明确综采工作面无人化开采需要具备的基本要素;其次,通过分析综采工作面信息化、数字化、自动化、智能化特征,找出其内在的联系与区别,避免再次出现概念混淆、模糊不清的现象,并明确指出综采工作面自动化、智能化等是技术手段,无人化是目标;再次,分别从综采工作面环境、设备、技术、理念与管理 5 个角度出发,介绍无人化开采需要解决的难题;最后,以陕西陕煤黄陵矿业有限公司一号煤矿 1001 综采工作面无人化开采为例,证明远程遥控型无人化开采是可行的,同时,也预测智能型无人化开采是综采工作面无人化开采的趋势。

1 国内外研究现状

实现煤矿综采工作面少人化、无人化开采是当前采矿研究的热点,美国、德国和澳大利亚的综采工作面无人化开采技术较先进。2001 年,澳大利亚联邦科学与工业研究组织(CSIRO)获地标基金(Landmark)项目资助,探索先进、安全、高效的自动化技术和模式,开展煤矿综采自动化技术和无人工作面的自动化装备和技术方面的研究,以代替人工实际操作的系统模式,开发了 LASC 长壁自动化系统,据 CSIRO 介绍,澳大利亚已有 60% 以上的综采工作面使用该项技术^[1-3]。美国最近研制了一整套薄煤层长壁装备,利用最新的自动化技术,包括工作面矫直系统、煤机控制系统(ASA)、RS20 电控系统、支架人员接近保护技术、空顶检测技术、视频监测系统、红外摄像系统、煤机与支架防撞技术、远程监控系统,拟计划在挪威煤矿使用,实现无人化开采。

我国对综采工作面无人化开采技术研究起步较晚,经过 10 余年的技术引进、消化、吸收、再创新,国内多家科研院所、企业开展了综采工作面少人化、无人化研究工作。2005 年 5 月,大同煤矿集团从德国引进了一套自动化刨煤机,实现了国内首个薄煤层刨煤机综采无人工作面^[4]。2008 年,神华神东煤炭集团有限责任公司榆家梁煤矿 44305 工作面应用采

煤机记忆割煤、液压支架跟机联动、端头站远程干预(采煤机机载视频辅助)等技术,成为国内首个采煤机综采自动化工作面^[5]。2012 年,冀中能源峰峰集团薛村煤矿 94702 工作面实现远程自动化开采,为国内探索综采工作面尤其是薄煤层工作面无人化开采奠定了基础^[6-7]。

2 综采工作面无人化定义及与自动化关系

2.1 综采工作面无人化定义

国内早期学者对综采工作面无人化的定义有 2 种,第 1 种是工人不出现在回采工作面内,而是在回采工作面以外的地点操作和控制机电设备,完成工作面内的破煤、装煤、运煤、支护和处理采空区等各项工序;第 2 种是工人可以出现在回采工作面内,但不操作设备,只是巡检。

综采是指综合机械化采煤工艺,用机械方法破煤和装煤,输送机运煤和液压支架支护的采煤工艺,即破煤、装煤、运煤、支护和顶板控制(采空区处理) 5 个主要生产环节全部实现机械化^[8-9]。综采工作面从范围上可分为广义综采工作面和狭义综采工作面。广义综采工作面是指包括回风巷和运输巷在内的回采工作面,涉及的设备主要有上端头支架、液压安全绞车、可弯曲刮板输送机、滚筒采煤机、液压支架、下端头支架、桥式转载机、集中控制台、可伸缩带式输送机、配电箱、乳化液泵站、设备平板列车、移动变电站、喷雾泵站;狭义综采工作面是指仅包括端头支架、液压支架、采煤机和可弯曲刮板输送机在内的回采工作面。

综上所述,笔者对综采工作面无人化的定义是:通过自动化、智能化的技术手段,在工作面连续正常生产过程中,将工人从危险的采场(狭义综采工作面)解放到相对安全的巷道、硐室或地面,实现采场无人操作,甚至无人巡检,即工人不出现在采场或工作面内。

2.2 综采工作面无人化与自动化的关系

近年来,对现有的信息化综采工作面、数字化综采工作面、自动化综采工作面、智能化综采工作面、无人化综采工作面等名词尚无统一的规范和标准,易造成混乱。业内学者建议统一命名为自动化综采工作面,并按自动化程度分为综采工作面局部自动化、综采工作面半自动化、综采工作面全自动化和综采工作面智能自动化^[10]。从自动化的实现程度来看,这种划分似乎有一定的道理,但其本身定义又存

在不确定性,如局部、半自动如何界定。因此,需从根本上弄清楚综采工作面信息化、自动化、数字化、智能化、无人化之间的异同及联系,如图1所示。

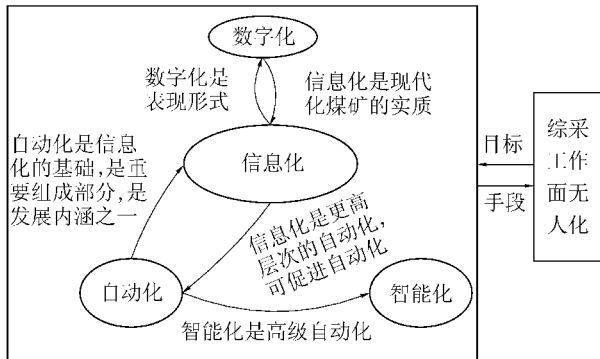


图1 综采工作面数字化、信息化、自动化、智能化、无人化关系

信息化综采工作面、数字化综采工作面、自动化综采工作面、智能化综采工作面都是煤矿综采工作面发展的方向,本质上没有太大区别,只是从不同角度、维度及程度进行诠释。数字化是表现形式、信息化是实质,自动化是基础,智能化是延伸^[11];数字化、信息化、自动化、智能化是技术手段,无人化则是煤矿综采工作面开采的终极目标。

3 综采工作面无人化开采影响因素

1) 环境因素。环境因素是影响煤矿综采工作面无人化开采的关键因素之一,工作面的顶底板条件、矿压、采高、倾角、俯仰角度、瓦斯等都会对开采起到很大影响。

2) 设备因素。综采工作面无人化开采对设备的要求较高,对设备的可靠性、稳定性及自动化水平都有很高要求,如采煤机应具备在线检测、故障自诊断及全工作面记忆截割功能,液压支架电液控制系统应具备围岩自适应及全工作面跟机自动化功能。同时,综采工作面无人化开采需要有更可靠的手段获知工作面的设备运转情况,这就对设备的通信方式、视频系统效果、监控延迟性等技术都提出较高要求。

3) 技术因素。煤矿井下自动化、智能化技术水平仍较低,相比工人实际操作水平有较大差距。因此,模拟人的感官和大脑运作,是实现智能型无人化开采的关键因素。一些智能化关键技术,如煤岩分界、煤岩识别技术、工作面直线度控制技术、采煤机随动截割等技术目前还处于研究阶段,导致部分较为复杂条件的工作面无法实现无人化开采。

4) 观念因素。人的观念成为影响综采工作面无人化开采是否能成功的关键因素。认为无人化根本不可能实现,无人化无法提高甚至有时会减少产量,无人化技术对于工人的技术水平要求高等观念,严重影响了对于无人化开采的探索。

5) 管理因素。煤矿综采工作面无人化开采方式也必然带来煤矿的组织结构、管理模式的转变,传统的支架工、采煤机司机都将有角色的转变,从现场操作工变为远程控制工和现场巡检工,而传统的煤矿管理模式也必须进行相应的改变。

4 综采工作面无人化实现思路

1) 从简单地质条件到复杂地质条件逐步展开。煤矿井下综采工作面地质环境复杂多变,影响了综采工作面无人化开采的发展。笔者认为应在较为简单的地质条件下实现无人化,再通过不断的技术提升,使得无人化开采技术不断进步,逐渐适应较为复杂的地质条件。

2) 从远程遥控型无人化开采到智能型无人化开采。①遥控型无人化开采采用拟人手段,将人的视觉、听觉延伸到工作面,将工人从工作面解放到监控中心,实现在监控中心对设备的远程操控,达到工作面无人化开采的目的^[12]。遥控型无人化开采是在当前煤矿自动化、智能化技术水平较低,关键设备如采煤机还不能自适应自主割煤、液压支架还不能自适应围岩的情况下,当地质条件发生变化或个别设备异常时就需要人工干预调整。②智能型无人化开采是指突破综采工作面恶劣环境下信息安全传输、煤岩识别、工作面直线度控制、综采设备姿态定位、安全感知、视频监控、远程控制等多种关键技术,形成一套集检测、控制、视频、音频、通信于一体的综采工作面智能控制体系,确保综采设备连续、协调、高效、安全运行,实现工作面生产过程智能化、管理信息化、操作无人化^[13]。随着技术的进一步发展,当有更多的工作面条件、地质情况、设备信息可以被采集到,同时采煤机、液压支架的智能化控制技术有更大突破时,将有希望实现不需人工干预的智能型无人化开采。

5 遥控型无人化开采技术应用

陕西陕煤黄陵矿业有限公司一号煤矿1001综采工作面开采矿井十盘区2号煤层,直接顶岩性变化较大,以黑色泥岩为主,顶板易冒落,需及时维护,

底板主要为厚度较薄的灰色团块状粉砂质泥岩,呈团块状结构,遇水膨胀,易发生底鼓;工作面长度235 m,运输巷、回风巷均为矩形断面,宽×高为4.5 m×2.8 m,采高1.4~2.2 m,截深0.8 m,煤层倾角属近水平煤层,煤普氏系数2.5~3.0。配备国产ZY6800/11.5/24D液压支架(配备SAC型液压支架电液控制系统)、MG2×200/925-AWD采煤机(配备SCS自动化控制系统)、SG Z800/2×525刮板输送机及SAM型综采自动化控制系统。

该工作面打破了以成套单机装备为主、总体协调的研制思路,建立了以成套装备总控制网络为主,单机装备为执行机构的体系结构,实现了具有感知和层级控制的自动化系统,如图2所示。首先在工作面单机设备上布置倾角传感器、压力传感器、行程传感器、视频摄像仪等感知元件,使单机设备能够感知自身和周围环境的工况;然后通过综合接入器在单机层级之上建立统一开放的100 MB工业以太网控制网络;使用井下隔爆服务器,使其在监控中心能通过控制网络汇集所有单机设备信息;结合采煤工艺要求以及设备之间相互配合协调的控制逻辑,建立一个综合决策控制模型;决策结果再通过控制网络下发给各单机设备执行,最终实现综采成套装备的自动化控制;通过远程操作台,实现了工作面设备的远程控制;建立了工作面自动化控制、巷道远程控制、监控中心和地面一键启停的3层控制架构。

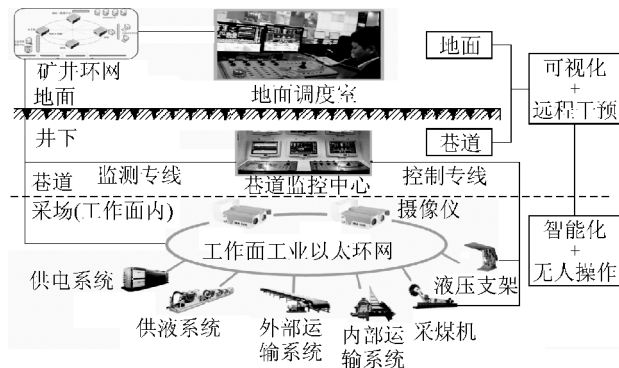


图2 综采工作面无人化开采系统架构

1001综采工作面于2013年11月29日起开始正式安装,2014年1月10日主要设备安装完毕,2014年1月31日完成系统所有功能调试,随即进行了为期3个月的工业性试验。2014年2月,开始使用全自动化割煤作业,通过利用井下监控中心远程操作台和监控视频进行远程采煤,并在工作面设置3名工作人员进行跟机安全监护(采煤机司机、支架工、带式输送机司机各1人)。2014年3月,坚

持使用井下监控中心远程操作台和监控视频进行远程采煤,并将工作面监护人员减少至2人(采煤机司机和支架工各1人,支架工同时负责输送机的监护工作)。2014年4月,利用井下监控中心进行远程采煤的同时,还尝试在地面调度室进行远程采煤,4月5日起将工作面监护人员减少至1人(工作面监护工),并于4月8日实现了地面采煤作业常态化。4月生产作业28 d,安排采煤56个小班(8 h),日平均割煤12刀,全月共生产原煤17.03万t。其中4月2日零点班实现了单班生产8刀30架的最高纪录。该工作面率先实现了地面调度指挥中心远程操控,综采工作面由原来的9人联合作业递减至1人随机监护,真正做到了综采工作面远程控制遥控型无人化开采,首次实现了国产装备综采工作面无人化开采。该工作面正式投运以来,整套生产系统运行实现了常态无人化,稳定可靠,具备了年产煤炭200万t的能力,实现了减人提效的目的。

该项目的成功应用,改变了工人的作业模式,改善了工人的作业环境,对提高生产效率、降低工人劳动强度、减少职业危害、加强现场安全管理具有十分重要意义,为我国综采工作面无人化开采,尤其为薄及较薄煤层工作面无人化、少人化开采提供了一条切实可行的方案。

6 结 论

- 1) 综采工作面无人化开采是可行的。
- 2) 综采工作面无人化开采是有前提条件的,包括技术条件和非技术条件。非技术条件主要包括地质条件、环境条件、管理条件等。
- 3) 综采工作面无人化开采与智能化既有联系又有本质区别,智能化是手段,无人化是目标。
- 4) 综采工作面无人化开采可以通过遥控型无人化开采和智能型无人化开采2种技术手段实现。遥控型无人化开采已有成功案例,智能型无人化开采仍需待解决如煤岩识别、采煤机自主定位及工作面自动找直等关键技术难题后才能实现。
- 5) 遥控型无人化开采对薄及较薄煤层开采有很好的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 黄曾华,苗建军.综采工作面设备集中控制技术的研究[J].煤炭科学技术,2013,41(11):14-17.

(下转第51页)