

文章编号:1671-251X(2013)08-0009-05 DOI:

王刚,方新秋,谢小平,等.薄煤层无人工作面自动化开采技术应用[J].工矿自动化,2013,39(8):9-13.

# 薄煤层无人工作面自动化开采技术应用

王刚, 方新秋, 谢小平, 阮飞雄

(1. 中国矿业大学 矿业工程学院, 江苏 徐州 221116;  
2. 深部煤炭资源开采教育部重点实验室, 江苏 徐州 221116)

**摘要:**针对某矿薄煤层保护层安全高效开采的需求,提出了对其2号薄煤层进行上保护层无人工作面开采的设计方案;根据2号薄煤层22201首采保护层工作面的实际情况,给出了22201无人工作面的采煤机、液压支架、刮板输送机的配套选型,详细介绍了22201无人工作面自动化控制系统的网络结构及采煤工艺。现场工业性试验结果表明,该方案可自动完成割煤、移架、推刮板输送机和顶板支护等生产流程,实现了薄煤层工作面的自动化开采。

**关键词:**薄煤层;无人工作面;自动化开采;安全高效

中图分类号:TD823 文献标志码:A 网络出版时间:

网络出版地址:

Application of automatic mining technology of unmanned coal face of thin seam

WANG Gang, FANG Xin-qiu, XIE Xiao-ping, RUAN Fei-xiong

(1. School of Mining Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China;

2. Key Laboratory of Deep Coal Resource Mining of Ministry of Education, Xuzhou 221116, China)

**Abstract:**In view of requirement of safe and high efficient mining for protection layer of thin seam of a coal mine, the paper proposed a design scheme of unmanned coal face mining for upper protection layer of No.2 thin seam of the coal mine. According to actual situation of 22201 first coal face of the No.2 thin seam, it gave matching equipment selection of shearer, hydraulic support and scraper conveyor of the 22201 unmanned coal face, and introduced network structure and mining process of automatic control system of the 22201 unmanned coal face in details. The industrial test result shows that the scheme can automatically finish production process of coal cutting, support advancing, scraper conveyor pushing and roof supporting, and realizes automatic mining for thin seam coal face.

**Key words:**thin seam; unmanned coal face; automatic mining; safety and high-efficiency

## 0 引言

目前,中国很多矿井的中厚煤层开采已近枯竭,而薄煤层(厚度 $\leq 1.3$  m)煤炭资源分布地域辽阔,从现有煤炭赋存情况来看,仅可采储量就达到61.5亿t<sup>[1]</sup>,因此,难采薄煤层的开采得到了充分重视。降低难采薄煤层工作面劳动强度,提高工作人员的安全系数和采煤效率,研究难采薄煤层采煤新

技术、新工艺,研发高效智能的采煤装备,减少井下作业矿工人数,最终实现井下采煤的无人化,已成为国内外采煤行业的重要研究方向<sup>[2-5]</sup>。

薄煤层无人工作面自动化开采是由自动化控制技术、传感器技术、计算机技术、设备工况检测和故障诊断技术、电液控制技术、集中控制技术构成的机电液一体化的综合机械化采煤自动化技术。其中,无人工作面自动化系统的“三机”设备主要包括采煤

收稿日期:2013-05-13。

基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2012AA062101);国家自然科学基金资助项目(50504014)。

作者简介:王刚(1989—),男,山西长治人,硕士研究生,主要从事采矿工程方面的研究工作,E-mail:wanggangaichao@139.com。

机、液压支架和刮板输送机,实现“三机”自动控制是实现无人工作面自动化的基础<sup>[6-8]</sup>。

笔者针对某矿高瓦斯近距离煤层群条件下薄煤层保护层的安全高效开采的问题,结合难采薄煤层工作面的生产技术条件及无人工作面自动化开采技术,介绍对该矿北翼 2 号薄煤层进行上保护层无人工作面开采的实现方案。

### 1 试验工作面生产技术条件

### 1.1 试验工作面地质概况

该矿区煤系地层为石炭系上统太原组和二叠系下统山西组,共含煤 17 层,煤层总厚度为 19.42 m,属于高瓦斯近距离煤层群开采条件。北二采区 2 号煤层的平均厚度为 1.1 m,倾角为  $4^{\circ}$ 。下邻近 14 m 处为(3+4)号重叠煤层,煤层平均厚度为 4.6 m,煤层相对瓦斯含量为  $11.56 \text{ m}^3/\text{t}$ ;下邻近 22.7 m 处为 5 号煤层,煤层平均厚度为 3.6 m,煤层相对瓦斯含量为  $14.74 \text{ m}^3/\text{t}$ 。(3+4)号、5 号煤层属于高瓦斯且有突出危险性煤层,2 号薄煤层瓦斯含量较低且无突出危险性,故选择对 2 号薄煤层进行上保护层开采。22201 工作面为 2 号薄煤层的首采保护层无人工作面,工作面长度为 150 m,采用沿空留巷技术构成 Y 型通风系统,如图 1 所示。22201 工作面直接底为细砂岩,平均厚度为 2.6 m;基本底为深灰色粉砂岩,厚度为 1.8 m 左右;伪顶为灰黑色泥岩,厚度为 0.83 m 左右,分布不均;直接顶为深灰黑色砂质泥岩,平均厚度为 6.27 m;基本顶为泥岩,平均厚度为 12.5 m,并夹含 2 层细粒砂岩薄层。

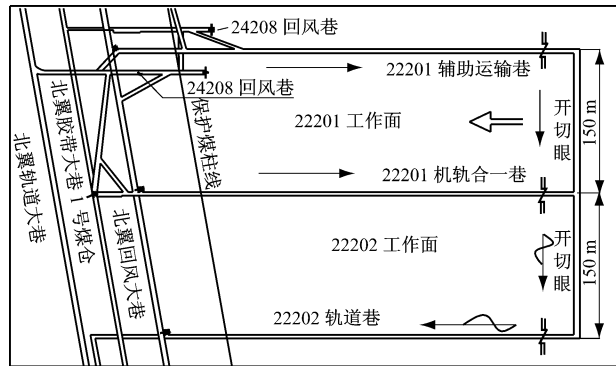


图 1 22201 工作面布置

### 1.2 22201 工作面“三机”配套选型

(1) MG2×150/700-WD1 型电牵引矮机身采煤机,装机功率为 700 kW,电压为 3 300 V,牵引速度为 0~9.01 m/min。其特点主要为机身较矮、短,装机功率大,对难采薄煤层的适应性较好。

(2) ZY3600/07/16.5D 型两柱掩护式电液控

制液压支架,支护高度为 700~1 650 mm,支架宽度为 1 430~1 600 mm,中心距为 1 500 mm,初撑力为 3 093 kN,额定工作阻力为 3 600 kN。该支架支护强度大、稳定性好,适合于 0.7~1.65 m 难采薄煤层工作面。

(3) SGZ730/320 型输送型中双链铸焊封底式刮板输送机, 输送能力为 650 t/h, 装机功率为  $2 \times 160$  kW, 刮板链速为 1 m/s, 采用 YBS-160 型大功率电动机牵引。该机输送能力大, 结构简单, 维护方便, 安全可靠, 满足难采薄煤层开采需要。

## 2 22201 工作面自动化控制系统设计

针对 22201 工作面的设备选择,要求整个工作面的设备具有相应的控制系统,并且达到无人工作面开采的条件。

## 2.1 系统功能及网络结构

22201 工作面已经配置了 KTC101 控制器及 SAC 型电液控制系统。在 22201 机轨合一巷内设置集中控制中心,通过机轨合一巷配置 KTC101 控制器自动控制采煤机、刮板输送机,SAC 型电液控制系统通过支架红外线传感器以采煤机位置为依据实现支架的跟机自动化,实现薄煤层综采工作面的自动化、无人化。22201 工作面自动化控制系统网络结构及其数据传输流程分别如图 2、图 3 所示。

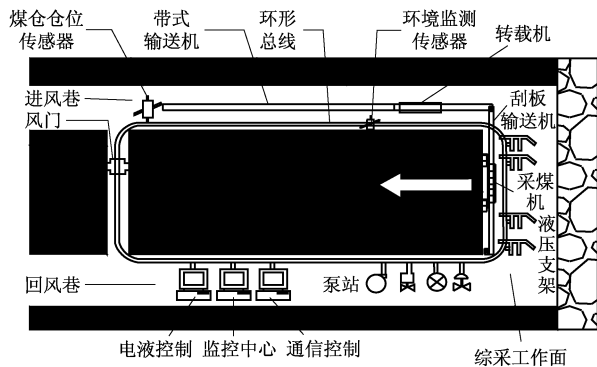


图 2 22201 工作面自动化控制系统网络结构

## 2.2 采煤机自动控制系统

(1) 记忆割煤。结合 22201 工作面开采条件, 在其无人工作面中采用记忆割煤方法实现采煤机自动割煤, 这种控制方式是基于位置传感器或计算机记忆的“示教跟踪”控制, 有效地避开了煤岩界面识别这一难题。采煤机的工作方式是当工作面回采时, 采煤机司机操控滚筒沿工作面随着煤层高低起伏完成首次循环截割。采煤机的速度、位置、姿态和油缸行程等数据均由相关传感器采集(这类物理量的监测均较容易实现, 且不易受到干扰), 并通过传

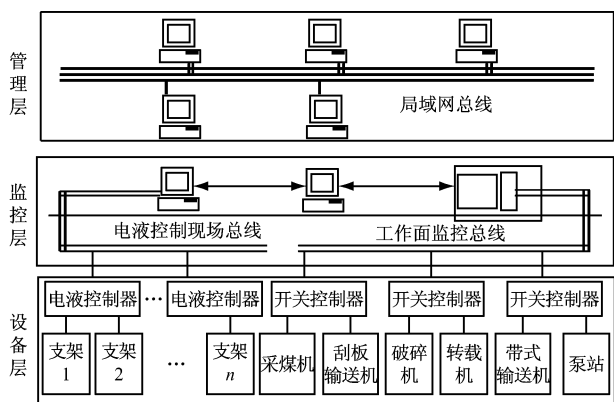


图3 22201工作面数据传输流程

输线路将采煤机实时工作参数存入控制器的计算机中。对于工作面首采之后的几次循环割煤,采煤机就转入自动截割状态,此时采煤机按照已经储存的程序自动跟踪相应数据采集点记录的参数,并结合顶底板几何形状变化趋势,运用简单的推理方法预测采煤机前方顶底板状态,从而达到自动调节滚筒高度,完成自动割煤的目的。

(2) 采煤机位置红外线检测。利用采煤机红外线位置检测装置检测采煤机位置,对液压支架自动控制意义重大。在22201工作面每架液压支架上安装1台红外线接收器,在采煤机上安装1台红外线发射器。当采煤机运行时,安装在不同液压支架上的红外线接收器会接收到红外线信号,接收到红外线信号的红外线接收器将接收到的信号通过RS232通信方式传送给支架控制器,支架控制器通过判断可以确定采煤机的当前位置,并可根据采煤机的位置指导各控制的执行动作,也可以将这些数据传输给其他系统。

### 2.3 液压支架电液控制系统

22201工作面配置SAC型电液控制系统具有良好的工作性能,该系统主要组成部分包括液压支架电液控制装置控制器、本质安全型信号转换器、支架人机操作界面、矿用压力传感器、行程传感器、感应磁环、红外线发送器、红外线接收器、矿用隔爆兼本质安全型稳压电源、隔爆耦合器、监控主机、网络终端器和电缆组件及其附件,各个部分分别完成一种功能。

SAC型电液控制系统在使用中主要采用3种控制方式:按键对单个支架(邻架)动作的非自动控制;对单个支架(邻架)的降柱—移架—升柱动作施行自动顺序联动;成组自动控制。这些控制方式是电液控制系统的基本应用。在22201工作面内共有101架液压支架,其中有97架中部液压支架、4架端

头支架。按照以上要求,SAC型电液控制系统组成如图4所示。

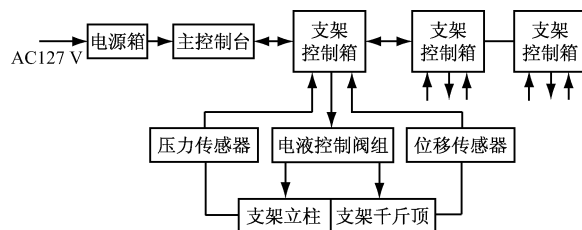


图4 SAC型液压支架电液控制系统组成

SAC型电液控制系统实现的功能:①以采煤机位置为依据的支架自动控制功能;②支柱在工作中发生卸载时的自动补压功能;③闭锁及紧急停止功能;④信息功能(人机操作界面);⑤能够向其他系统(如地面调度室、监控中心)传输信息,也能够从其他系统接收数据,并进行数据处理。

### 2.4 液压支架跟机自动化技术

SAC型电液控制系统通过红外线传感器检测采煤机位置信息,将该信息传到机轨合一巷集中控制中心SAC-P主控计算机的主机,主机经过内部程序处理,自动发出相应的控制命令,使相应的支架控制器自动完成相应的操作,如在采煤机前方自动收护帮板,在采煤机后方自动移架、推溜等。操作员只需在控制主机上提前设置好参数,SAC-P主控计算机控制支架完成相关动作即可实现支架的跟机自动化。

### 2.5 刮板输送机自动推移系统

在22201工作面内,每架液压支架的推移油缸分别与刮板输送机的一节槽帮相连,推移千斤顶完成推溜和移架动作,在完成液压支架的执行动作后,也即实现了对刮板输送机的推移控制。

### 2.6 “三机”工况自动检测与故障诊断系统

“三机”工况自动检测与故障诊断系统为实现“三机”在工作面安全运行提供了可靠保障。采煤机智能化检测技术已经达到较高水平,新型电牵引采煤机具有建立在微处理机基础上的智能监控、监测和保护系统,安装有电压、电流等多种传感器,可实现交互式人机对话、远近控制、无线电随机遥控、工况监测及状态显示、故障诊断及预警等多种功能。液压支架的故障多数是液压系统泄漏,目前该泄漏故障自动检测及其诊断技术发展比较成熟。刮板输送机的故障诊断和工况监测技术可以连续监测输送机各种部件的运行状态,进行故障诊断和报警,同时通过对该系统的进一步研究,并结合其在自动化、智能化方面的发展,实现了刮板输送机的大功率、小

事故率、高效率和安全运行。

### 3 采煤方法与回采工艺流程

22201 工作面采用走向长壁后退式采煤法、无人工作面综合机械化采煤,一次采煤层全高,全部垮落法管理顶板。采用  $MG2 \times 150/700-WD1$  型矮机身双滚筒采煤机沿底板双向割煤和扫浮煤,采煤机端头斜切式进刀,双向割煤,截深为 0.6 m,往返 1 次进 2 刀。

(1) 装煤及运煤方式。利用  $MG2 \times 150/700-WD1$  型矮机身滚筒配合 SGZ730/320 型刮板输送机铲煤板对割落煤块进行装运,并通过刮板输送机将割落煤块运送到工作面端部 SZB-730/75 型转载机和 PCM-110 型破碎机,最后通过 22201 机轨合一巷内带式输送机集中运出。

(2) 控顶形式。采用 ZY3600/07/16.5D 型两柱掩护式液压支架支护无人工作面顶板;上下端头通过布置矩形戴帽单体液压点柱维护顶板;在回采巷道布置三趟超前支护,采用单体液压支柱配合铰接梁铰接支设,超前支护距离为 35~40 m。

(3) 回采工艺流程。双滚筒采煤机割煤、装煤→可弯曲刮板运输机运煤→液压自移式支架支护顶板→推移刮板输送机→清扫浮煤。

### 4 工业性试验及效益分析

#### 4.1 工业性试验过程分析

22201 工作面从 2011 年 12 月 9 日开始初采,工作面采用“四六”工作制,即一班充填、一班检修、两班(大夜班)生产,每班工作 6 h,每个采煤班完成 3 个循环,日完成 6 个循环,工作面日进度为 3.6 m。2012 年 1 月 22 日进入正常回采,工作面日推进 4.49 m,日产量最高可达 1 289 t,正常回采期间工作面瓦斯涌出量为  $21.2 \sim 37.11 \text{ m}^3/\text{min}$ ,平均实际配风量为  $2 527 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

在 2012 年 1 月 1 日至 2012 年 7 月 22 日期间,22201 工作面共经历了 1 次初次来压和 29 次周期来压。工作面初次来压步距约为 33 m,动载系数为 1.12,初次来压期间支架承载的压力较大,煤壁片帮和顶板破碎较为严重;周期来压步距平均为 17.4 m,平均动载系数为 1.09,动载系数较小,基本顶的失稳对工作面影响程度减弱。

22201 工作面中部布置了 97 架 ZY3600/07/16.5D 型液压支架,两端头分别布置 2 架 ZYG3600/07/16.5D 型液压支架。在 22201 机轨合

一巷内布置集中控制中心,在控制中心布置监控中心、电液控制及通信控制等自动监测控制平台。现场配置了 KTC101 控制系统及 SAC 型电液控制系统,根据 KTC101 控制系统的组成部件连接方式,从主控制器的主控计算机连接出控制总线,然后将其他各种接口或者设备依次连接在控制总线上,通过 KTC101 控制系统自动化控制采煤机、刮板输送机,SAC 型电液控制系统通过支架红外线传感器以采煤机位置为依据实现了支架的跟机自动化,从而实现了薄煤层工作面的自动化开采。

#### 4.2 效益分析

(1) 在 22201 工作面正常回采期间,工作面平均每天可推进 4.49 m,平均日产量为 1 077 t,原煤价格按焦炭价格 1 200 元/t 计算,则试验期新增日产值为 129.24 万元。

(2) 22201 工作面采用无人工作面自动化开采技术后,相对综采工作面开采方式,检修班每班需要在工作面内施工作业的工人数量可以从 12 人减少到 7 人,相对减少了 41.6%;采煤班每班需要在工作面内施工作业的工人数量可从 9 人减少到 4 人,相对减少了 55.56%;2 个采煤班和 1 个检修班共减少工人 15 人,相对减少了 50%,从而实现了矿井减员提效的目的。

(3) 通过采用无人工作面自动化开采技术,将工人从采高较低的薄煤层工作面内解放出来,而在回采巷道内进行自动化操作,降低了难采薄煤层开采的劳动强度,改善了工人的劳动条件 and 环境,从而实现了难采薄煤层的安全高效开采。

(4) 实现了采煤工作面生产过程的自动化和无人化,自动完成割煤、移架、推刮板输送机和顶板支护等生产流程。

(5) 在无人工作面自动化控制体系中利用 KTC101 控制系统对“三机”配套设备进行综合控制,利用 SAC 型电液控制系统对液压支架进行自动控制,并确定了液压支架的自动控制方式和采煤机的记忆割煤方式。

### 5 结语

(1) 通过 22201 无人工作面开采技术的研究,实现了难采薄煤层回采工作面的少人甚至无人化,并取得了较好的经济效益,走出了一条自动化安全高效开采的科学采矿技术创新路线,这将对我国长期处于缓慢发展甚至停滞状态的极薄、薄煤层的开采产生重要影响。

(2) 综合自动化薄煤层开采技术实现了薄煤层开采的高产高效与安全性统一。因此,该技术的关注度也越来越高,其应用将会逐步普及,这对于优化中国矿业结构、提升矿业开采技术水平及有效利用煤炭资源具有现实意义。

参考文献:

[1] 毛君,王步康,刘东才.刨煤机、螺旋钻采煤机、连续采煤机成套装备[M].徐州:中国矿业大学出版社,2008.

[2] 李太连.对煤矿安全高效综采成套装备研发的思考[J].中国煤炭,2007,33(6):38-41.

[3] 方新秋,何杰,郭敏江,等.煤矿无人工作面开采技术研究[J].科技导报,2008,26(9):56-61.

[4] 方新秋,张雪峰.无人工作面开采关键技术[C]//中国煤炭学会开采专业委员会 2006 年学术年会论文集.徐州:中国矿业大学出版社,2006:63-68.

[5] 钱鸣高,缪协兴,许家林,等.岩层控制的关键层理论[M].徐州:中国矿业大学出版社,2000.

[6] 毛君.刮板输送机动力学行为分析与控制理论研究[D].阜新:辽宁工程技术大学,2006.

[7] 杨玉成.综合自动化无人工作面开采薄煤层[J].矿业快报,2004(3):33-34.

[8] 钱鸣高,缪协兴.采场上覆岩层结构的形态与受力分析[J].岩石力学与工程学报,1995,14(2):97-106.