

红柳林煤矿采煤工作面智能化技术与 发展策略

范国涛 马雁冰 付少辉

煤炭生产的特征是劳动强度大、工作环境恶劣，同时也面临着多种安全隐患，如煤矿井下地质条件复杂，瓦斯、冲击地压、涌水等不确定因素，因此实施智能化建设尤为重要。随着新一代信息技术的突飞猛进，陕煤集团红柳林矿业有限公司（以下简称红柳林煤矿）不断加大在智能化领域的研究、投入和应用，并与其他企业合作开创了多项采煤工作面智能化技术，为整体推进煤矿智能化发展积累了经验。

煤矿智能化建设的重要性

红柳林煤矿以煤矿智能化建设为纽带，加强新一代信息技术与煤炭全产业链融合共进，为红柳林煤矿现代化转型升级提供了新动能，带来了新机遇。煤矿智能化建设是煤炭工业高质量发展的核心技术支撑。在新发展阶段，煤炭工业发展之路是一条技术与装备创新之路、产业变革之路和全面突破之路。煤矿智能化建设是将人工智能、工业物联网、云计算、大数据、机器人、智能装备等与现代煤炭开发利用深度融合；形成全面感知、实时互联、分析决策、自主学习、动态预测、协同控制的智能系统，实现煤矿开拓、采掘、运输、通风、洗选、安全保障、经营管理等过程的智能化运行；对于提升煤矿安全生产水平、保障煤炭稳定供应具有重要意义。

红柳林煤矿现有采煤工作面智能化技术

红柳林煤矿目前已实现综采工作面液压支架跟机自动化，采煤机状态表程序割煤和状态表配合记忆割煤，设备就地集控，设备列车控制台、地面值

班室和地面集控中心一键启停的三级控制模式。

红柳林煤矿融合多项关键技术，在综采自动化集中控制、远程快速处理电液控故障、液压支架全工作面跟机自动化、输送机载荷控制采煤机自动调速、采煤机位置修正、采煤机玛珂主机数据传输优化、采煤机程序割煤与记忆割煤综合应用、机头三角煤的优化、反渗透自动液位控制等技术上取得关键进展，解决了综采过程中遇到的多项技术难题。

综采自动化集中控制技术

集中控制系统能够将采煤机、液压支架、运输设备及供液设备等有机整合到一起，再合理编排，实现地面与井下的集中化管理和控制。红柳林煤矿在带式输送机自移机尾处安装一台防爆从机电脑，与控制台玛珂交换机通过光纤传输来读取玛珂主机信息。玛珂主机可读取采煤工作面主要设备信息，包括采煤机、工作面支架、供液系统、供电系统、三机运行状态、输送机变频器、华宁控制器、组合开关、工作面视频等。

综采工作面全景远程操控系统如图1所示，包括以下功能：①采煤机动态跟机系统视频，煤机居中显示，视频跟机移动；②全彩面视频巡航视频，可任意切换区段，采煤面无死角；③一点即视功能，双击图片，即可实现画中画；④多视角视频，包括刮板输送机视频和滚筒特写，煤流通畅可视、杜绝碰撞事故、确保“三直两平”；⑤综采仪表盘视频，实时获取核心电气参数；⑥历史视频回放，重现历史作业，回溯和复盘；⑦语音对讲，在巡航界面点击话筒，可实现高清对讲。全程割煤无死角监控系统如图2所示。

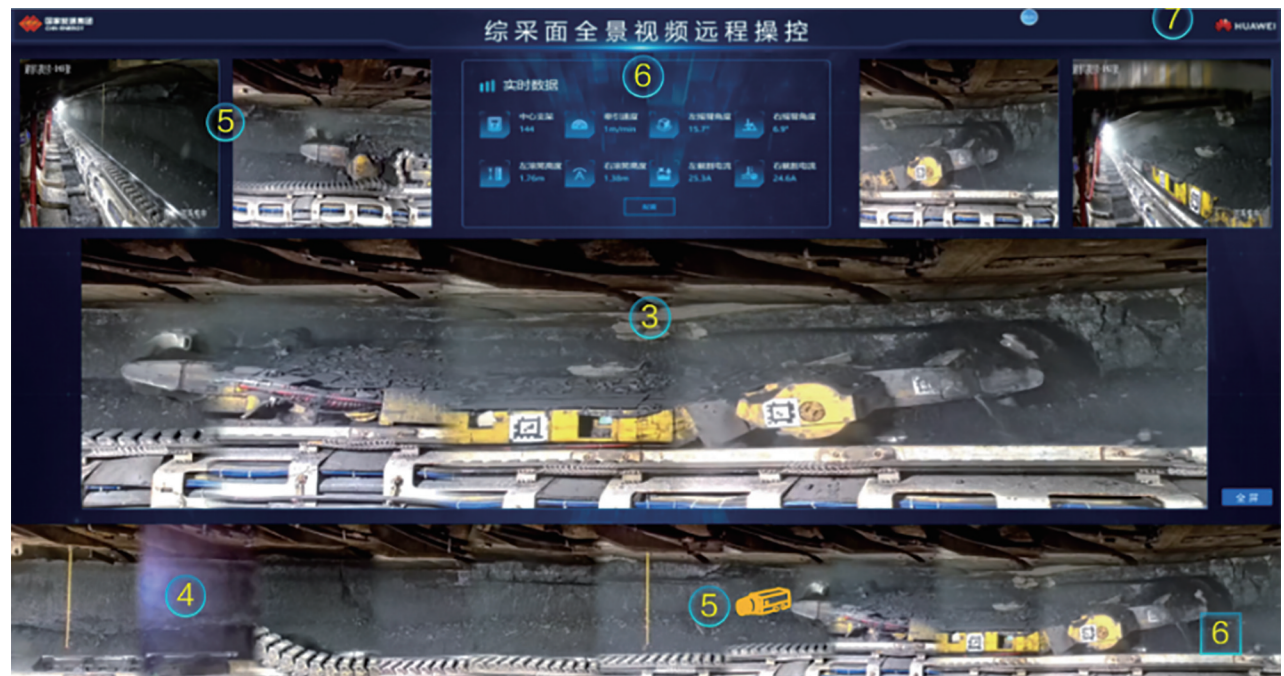


图1 综采工作面全景远程操控系统

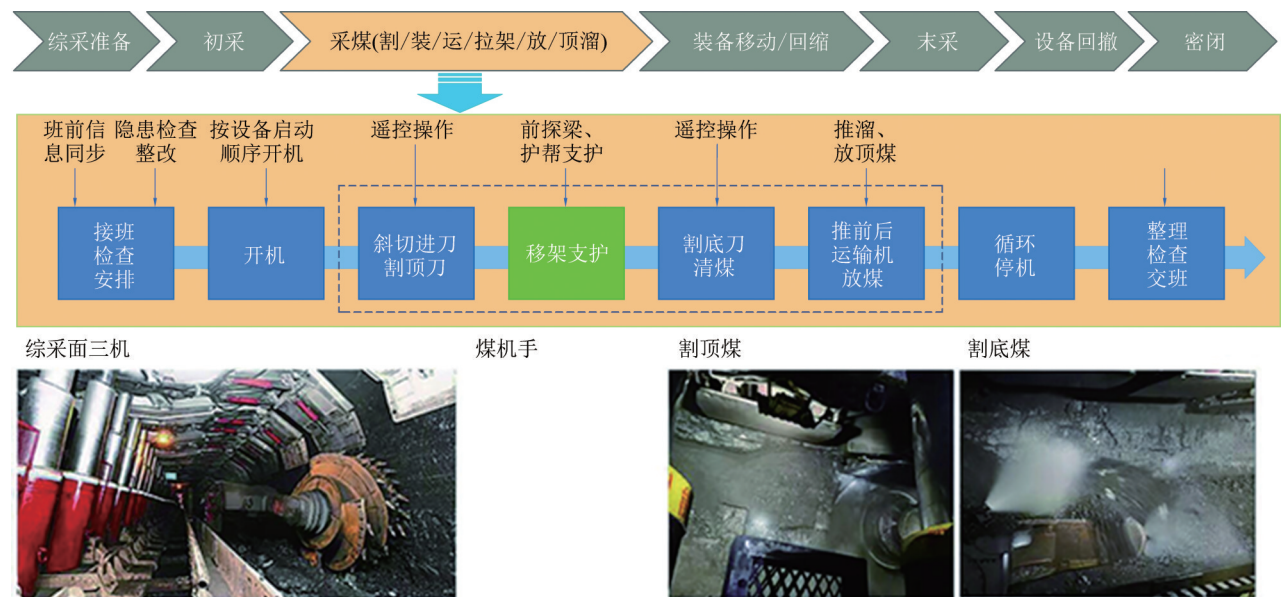


图2 全程割煤无死角监控系统

利用综采自动化集中控制技术，红柳煤矿将原来的设备列车控制台司机、带式输送机自移机尾司机、输送机司机、泵站工四个岗位合为一岗。值班人员可以通过玛珂主机来控制各台设备，实现智能综采工作面主要设备的一键启停（图3）。综采工作面的集中控制技术，实现了四岗合一，推进了少人化智能矿井的建设，保障了开采安全，提高了工作效率。

远程快速查找 处理电液控故障技术

工作面支架控制器的所有信息都可被玛珂主机读取，并在玛珂主机系统控制主界面上实时显示（图4）。

通过地面电脑与井下玛珂主机进行连接，实时监控工作面支架电液控运行状态，比如矿压、通信、各种传感器、电源等信息。值班人员可通过对玛珂

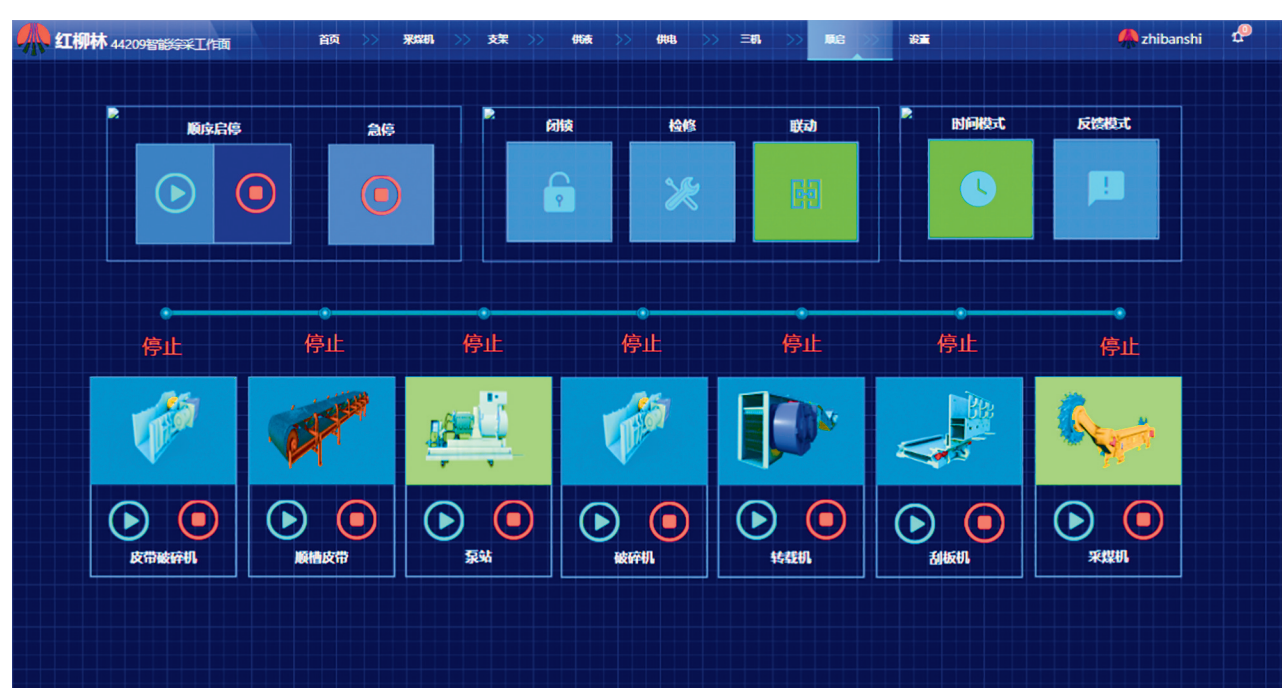


图3 智能综采工作面设备一键启停界面

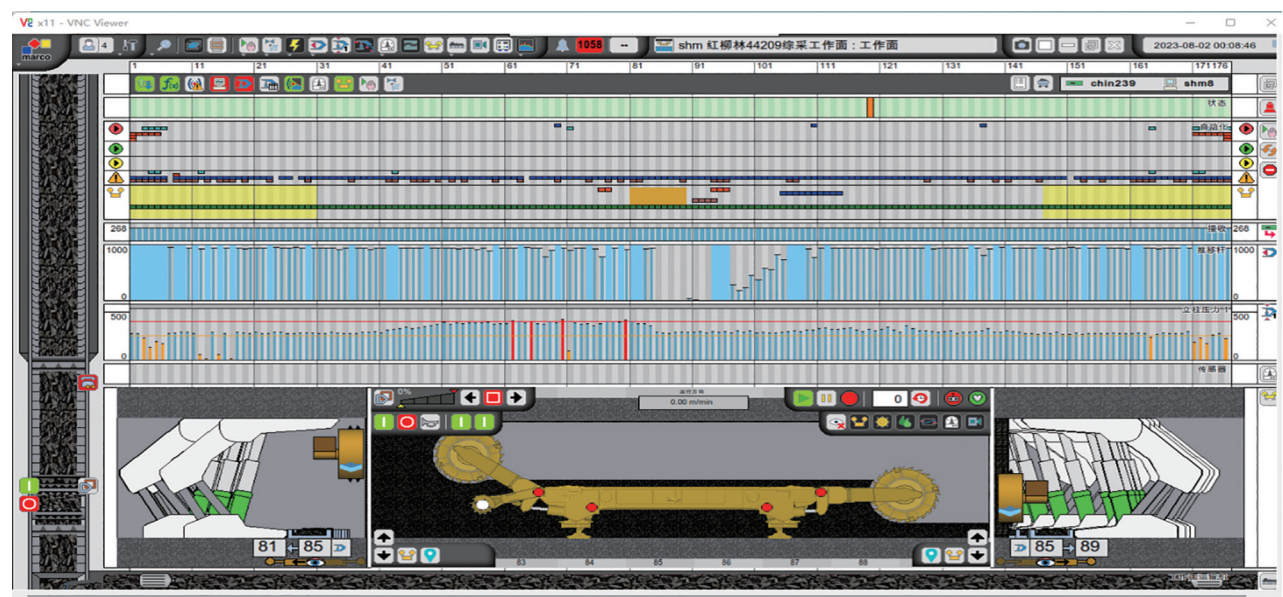


图4 玛珂主机系统控制主界面

主机数据信息的反馈，精准判断电液控存在的问题，比如：传感器接地、短路，控制器故障，电液箱故障，架间线质量，耦合器故障等。

液压支架全工作面跟机自动化技术

自动跟机技术主要指综采工作面的液压支架跟随采煤机位置或者采煤机运行的方向自动移架、自

动喷雾、“三机联动”和自动刮板输送机等。红柳林煤矿在液压支架电液控制系统下开展无人跟机自动化控制，实现电液控制系统数据与液压支架视频技术相结合，利用监控中心远程操作台对液压支架进行人工干预，能够对复杂的煤矿开采环境下液压支架进行自动化控制。该技术难点在于使用时需要增加和引进先进的远程遥控技术，融合了如自动化

技术、检测技术、视频技术、计算机技术、通信技术等多种关键技术。

输送机载荷控制采煤机自动调速技术

在实现自动化采煤后,进行了“减人减岗”的措施。其中,最重要的是减去了机头看护工的岗位,控制台司机可直接利用视频监控来监护刮板输送机的运行。但在实际生产中,控制台司机不仅要监护刮板输送机,还需监护泵站、转载机、破碎机等设备的运行情况,由于工作面需要监控的视频数量较多,存在视频监控漏看的情况。此外,当采煤机割煤速度过快、片帮严重、大块煤拥堵、煤量增大时,工作面刮板输送机容易因过载“压死”,区队需花费大量的时间和人力清理输送机,人员进入煤墙侧清煤时,人身安全将遭到严重威胁;同时输送机过载运行也会严重损伤设备。

红柳煤矿借助输送机载荷控制采煤机自动调速技术,有效解决了上述问题。玛珂主机通过 modbus 协议读取刮板输送机变频器的电流值,然后把读取的电流值转换成与采煤机基数相匹配的电流值;再通过 modbus 协议传给采煤机远程控制台,然后把数据传给采煤机;采煤机根据反馈的电流值与煤机自身设置的基数(100 A)进行比对,实现刮板输送机载荷对采煤机速度的控制,使刮板输送机在最佳的功率状态运行。

采煤机位置修正技术

自动化割煤期间,采煤机的基准位置较为重要,关系到采煤机的行进位置精准控制、液压支架自动化的有效精准跟机。但在实际工作面推采过程中,工作面的直线性和平直度的变化和巷道掘进质量、刮板输送机中部槽随推动产生的间隙变化,都会导致工作面出现“拉伸”或“缩短”,采煤机基准位置发生变化,造成智能化综采工作面采煤机越界割煤、损坏设备或割不透的情况,制约工作面自动化系统的使用率。

为解决上述问题,红柳林煤矿在10#架刮板输

送机挡煤板处设计加装一块永久强磁铁,用25 mm厚长方形铁板固定,铁板两侧加工插槽插入与铁板同样大小孔的挡煤板上。通过测量与调试,确定采煤机基准位置点为1 m,最后设置采煤机同步位置。采煤机感应强磁铁磁性,校准自身的实时位置。采煤机每经过一次磁铁位置,就校正一次位置,从而消除了采煤机因刮板输送机的长度变化而产生的位置变化。工作面自动调直效果如图5所示。

采煤机玛珂主机数据传输优化技术

玛珂主机通过读取采煤机数据的位置信息才能实现支架自动化,因此采煤机数据上传的质量直接制约着自动化系统的效率。综采工作面动力电缆及变频器的电磁波干扰都会使得采煤机数据上传出现延迟或中断现象。

为解决上述问题,红柳林煤矿在采煤机远程控制台和中继各安装光电转换模块,取掉原来的DSL模块;把原来的DSL电信号传输方式改为光纤传输,解决了电信号传输中因距离和磁场环境导致的衰减和干扰问题。综采工作面辅助设备运行架构如图6所示,远程信息数据传输设备包含光纤、网线、pRRU、5G本安摄像机等。

采煤机程序割煤与记忆割煤综合应用技术

红柳林煤矿充分应用程序割煤技术,实现了采煤机的自动化。该技术在工作面层位稳定、没有起伏的情况下,采煤机程序割煤技术数据表中的数据相对少,司机需要输入的数据也少,可满足生产需要。然而,在工作面的层位变化相对较大的情况下,采用程序割煤时,数据表中的数据量比较大;这种情况下,检修班输入的数据有时不适合生产需要,导致采煤机自动割煤受到了限制。

为解决上述问题,红柳林煤矿引入了记忆割煤技术。记忆割煤技术又称采煤机控制技术,即借助采煤机学习示范到运行参数和采煤机自动化控制系统中的在线学习、修改参数等功能,完成综采工作面全工序自动化割煤。红柳林煤矿利用EiControlSB



图5 工作面自动调直效果

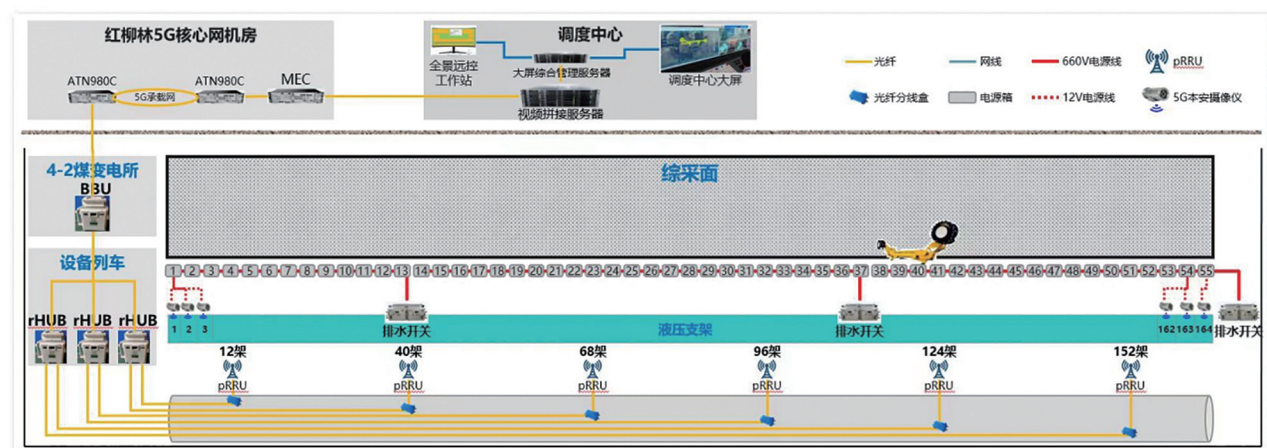


图6 综采工作面辅助设备运行架构

编程软件编辑两刀示范刀（第1刀和第2刀），和两刀记忆割煤（第3刀和第4刀），之后循环第3刀和第4刀割煤；采煤机在两端头割煤时则采用程序割煤。

机头三角煤的优化技术

采煤机割完机头、机尾三角煤返刀时，支架自动推移方式为滞后采煤机12架，逐架开始推移刮板输送机。对于质量较轻的机尾，支架能顺利将刮板

输送机推向煤墙一个步距，但在机头位置时，端头支架无法将机头推出，过渡架将刮板输送机中部槽向后推向煤墙，损坏中部槽哑铃销。

为解决上述问题，红柳林煤矿将全局参数中的“机头三角煤第四刀成组推移刮板输送机范围”设置为6。采煤机行驶至18架时，机头6架同时推移机头；随着采煤向机尾方向行驶，6号向机尾方向的支架陆续推移刮板输送机。这样防止刮板输送机中部槽未按顺序推移而出现设备安全事故。

反渗透自动液位控制技术

乳化泵液箱的液位观测须由作业人员亲自完成,手动开启或关闭供液截止阀,用反渗透过滤装置给乳化泵液箱供水。因此,控制台司机须定时巡查液位情况,以防止液箱吸空或溢水。

为保障泵站安全运行,提高工作效率,在距乳化泵混液箱最下方 300 mm 的位置安装 1 个液位传感器,将液位传感器的模拟信号传输给反渗透控制器,通过调整反渗透控制器自有的液位参数,实现反渗透控制器给乳化泵液箱自动加水功能。

红柳林煤矿智能化开采技术发展策略

煤矿智能化分级建设

受技术和煤矿条件约束限制,智能化建设是一个逐步发展的过程。在总体设计过程中要分别对每个阶段的智能化运行场景进行刻画,并确定相应的建设内容,提出各项内容的主要技术要求等,在实施过程中分级建设和管理。红柳林煤矿智能化总体建设目标以人、设备和系统为三大主线,按智能化程度可分初级、中级、高级 3 个阶段。

(1) 初级煤矿智能化建设,以单机、单应用系统为主要场景,作业模式以“无人值守+远程集控”为主。

(2) 中级煤矿智能化建设,以网络条件下的系统集为主要应用场景,作业模式以“远程操控+全息映射”为主。

(3) 高级煤矿智能化建设,以云计算、大数据、人工智能、工业互联网条件下的煤矿综合集成应用为主要场景,作业模式以“自主运行+数字孪生”为主。

红柳林煤矿通过煤矿智能化分级建设,实现开采环境数字化、采掘装备智能化、生产过程自主化、信息传输网络化和经营管理信息化。

开发实时交互技术

笔者通过实际调研后发现,目前液压支架与采

煤机无法实现信息高效共享,这对采煤机与液压支架协同运行较为不利,不仅影响三角煤截割工艺实施效果,而且使煤矿开采效率显著降低。为解决上述问题,开发并应用实时交互技术是必要的,以提高煤矿开采效率及自动化切割水平,为煤矿企业健康发展提供保障。实时交互技术突出强调的是提高设备协同性,即设备可根据其他设备运行信息对自身进行调整。例如,在采煤机实际工作过程中,液压支架将对采煤机运行信息进行接收,并根据信息内容自动降低自身运转速度,以达到自身与采煤机运转速度的一致性。在此基础上,采煤机将与液压支架同步结束工作,并同时开展后续工作。实时交互技术对提高工作效率具有重要意义。相较于传统技术手段,实时交互技术应用价值更高,应严格依照相关标准对该项技术进行开发,从而实现煤矿智能化开采技术的创新。

结 语

红柳林煤矿为提高煤矿开采作业效率及安全性,加强智能化技术的应用,开创了采矿工作面多项智能化技术,提高了煤矿智能化创新水平。通过使用多项关键技术的融合,红柳林煤矿解决了开采作业过程中遇到的技术难题,实现了井下设备的自动化运行。通过应用综采自动化集中控制技术,将多岗位合为一岗,减少了井下人员数量,提高了生产效率,保障了煤矿安全,推进了综采系统智能化建设进程。

■ 助理编辑:戴春雷

作者简介:

第一作者:范国涛,工程师,硕士,现任陕煤集团神木红柳林矿业有限公司综采三队队长。

E-mail: 740221917@qq.com

通讯作者:付少辉,工程师,现任陕煤集团神木红柳林矿业有限公司综采三队技术员。

Email: 1163494634@qq.com