

复杂地质条件下露天煤矿开采设计优化与生产实践研究

李江涛 李岳山 尹东旭
内蒙古白音华蒙东露天煤业有限公司
DOI:10.32629/pe.v4i2.20007

[摘要] 露天煤矿开采效率高、成本低,是煤炭资源开发的一种主要方式,在复杂的地质条件下对开采的安全性、连续性和经济性有很大影响,容易造成边坡滑落、开采率低、浪费资源等情况的发生。本文基于露天煤矿的实际生产情况,舍弃空泛的论述,针对复杂地质的影响进行探讨,介绍了开采设计优化的具体思路及操作方法,并结合生产过程中遇到的问题提出了相应的改进措施以及实施路径,主要是从开拓运输、边坡治理、采剥工艺等方面进行了具体阐述,旨在给在复杂地质条件下开展露天煤矿的安全、高效、绿色开采提供借鉴,提高企业的经济效益的同时减少地质灾害的风险,达到合理利用资源的目的。

[关键词] 复杂地质; 露天煤矿; 开采设计优化; 生产实践

中图分类号: TD824 文献标识码: A

Research on Optimization of Mining Design and Production Practice in Open-pit Coal Mines under Complex Geological Conditions

Jiangtao Li Yueshan Li Dongxu Yin

Inner Mongolia Baiyinhua Mengdong Open-pit Coal Industry Co., Ltd.

[Abstract] Open-pit coal mining, characterized by high efficiency and low costs, remains a primary method for coal resource development. However, complex geological conditions significantly impact mining safety, continuity, and economic viability, often leading to slope failures, low extraction rates, and resource wastage. Based on practical production experiences in open-pit coal mines, this study avoids abstract theoretical discussions and focuses on analyzing the effects of complex geological environments. It introduces specific optimization strategies and operational methodologies for mining design, while proposing targeted improvement measures and implementation pathways addressing operational challenges. Key aspects such as mining transportation systems, slope stabilization techniques, and mining and caving processes are thoroughly examined. The research aims to provide actionable insights for safe, efficient, and environmentally sustainable open-pit mining under complex geological conditions, enhancing corporate economic benefits while reducing geological disaster risks and achieving optimal resource utilization.

[Key words] complex geology; open-pit coal mine; mining design optimization; production practice

引言

煤炭是我国主要的基础能源,而露天开采由于其作业空间大、开采强度高以及机械化程度高等优点,在煤炭开发中起着重要作用。但是我国大部分露天煤矿所在地区地质情况较差,如存在较多断层、褶皱、软弱夹层发育及水文条件复杂等现象,传统的开采设计很难满足实际情况需要,容易造成边坡失稳、采剥衔接不良、资源利用率低下等问题,不但降低工作效率而且给安全生产带来隐患。开采设计是露天煤矿生产的基本保障,它的正确与否直接影响整个生产的安危与效益^[1]。本文基于一线工作实际,探讨了复杂的地质条件对露天煤矿开采产生的影响,提出了切实有效的改进措施并结合应用效果进行了归纳总结,力求内

容贴近现实、实用性强,以期能够给广大基层露天煤矿的开采设计和施工操作起到一定的参考作用。

1 复杂地质条件对露天煤矿开采的核心影响

1.1 断层与褶皱地质的影响

露天开采是煤炭安全高效开采的主要方式中的一种,具有开采规模大、生产效率高等特点。进入21世纪后,随着我国机械化程度的提高,露天煤矿在煤炭开采中的比例也显著增大。在国土资源部划定露天矿山矿权境界后,为避免大型露天矿山开采时受开采条件、生产技术、设备作业参数、产能规划、煤层赋存条件等多种因素综合影响下,致使剥离物运距大、运费高、工作线长度大、开采成本高、建矿初期投资时间长、投资费用大

等缺点,在满足技术经济的基础上,需要对露天煤矿进行合理的采区划分。

断层与褶皱是露天煤矿常见复杂的地质构造,给生产带来影响贯穿整个采剥、运输及边坡治理等环节。断层会造成煤层连续性中断,出现煤层缺失或者错动的现象,使规则的采场变得凌乱不堪,在进行采剥时容易造成局部超挖或欠挖现象的发生,加大了采剥难度,而且由于断层破碎带岩石较为松散,强度较低,极易发生滑坡事故危及作业人员以及机械设备的安全^[2]。而褶皱的存在也会使煤层厚度变化较大并且倾向起伏不定,在进行采剥工作的时候很难形成整齐划一的台阶,降低工作效率的同时也增加了危险性,因为褶皱区域应力较大,边坡易产生裂纹,在受到雨水侵蚀以及人为干扰的情况下很容易诱发泥石流灾害。在现场操作过程中,这些不良的地貌特征经常会导致采矿设备不断改变工作姿态,加大劳动量,还会造成大量煤炭资源流失,不利于高产高效开采^[3]。

1.2 软弱夹层地质的影响

软弱夹层一般是指煤层顶底板、边坡岩体中存在的泥质、砂质等软弱岩层,这些岩层强度较低,遇水易软化,在露天煤矿开采中是影响安全生产的重要因素。在采剥过程中,软弱夹层容易发生塌陷,引起采场台阶变形,妨碍采剥设备运行,甚至造成设备被埋事故;同时软弱夹层也会降低边坡的整体稳定性,即使采取一般的边坡设计方案,也会产生边坡蠕动或者滑坡现象,需要经常对边坡进行处理,加大了生产投入。另外,软弱夹层还会对煤炭的质量造成一定的影响,在采剥时极易混入泥质物质,使煤质下降,影响销售利润,这也是现场操作人员所遇到的问题^[4]。

1.3 不良水文地质的影响

不良水文地质包括地下水丰富、地表水汇流集中以及地下水位上升等,在露天煤矿开采过程中会对生产安全及效率产生不利影响。地下水丰富会使采场底部积聚大量积水,需定期排水,不但加大设备投资与作业费用支出,而且使基底岩石变得松软,不利于保持采场稳定,易出现基底隆起或者边坡滑落现象;地表水汇流集中的情况下会冲刷边坡,加快其风化速度,形成沟壑,破坏边坡的整体性,此外雨水渗透至岩体裂隙中还会进一步削弱岩体坚固程度,提高发生地质灾害的概率^[5]。在实际生产过程中,由于水害问题而造成采剥工作被迫停止的情况时有发生,在雨季期间如果不能及时排出积水,则会给生产和安全带来严重影响甚至会导致事故的发生。

2 复杂地质条件下露天煤矿开采设计优化要点

2.1 开拓运输系统设计优化

开拓运输系统是露天煤矿生产中的“大动脉”,在复杂地质条件下,传统的开拓运输方案易出现运距长、设备损耗大、效率低下等问题,优化的重点在于匹配地质条件,简化运输过程,减轻劳动强度。从实际出发,在断层、褶皱发育地段,放弃传统直线式开拓方式,采取分区分段开拓运输模式,依据地质破碎情况划分不同开采区段,各区段分别布置独立运输线路,防止运输线路经过断层破碎带造成边坡滑落影响运输。

2.2 边坡设计优化

边坡稳定性是复杂地质条件下露天煤矿生产的基本保障,优化设计要摒弃“一刀切”的边坡设计方案,在不同的地段采取相应的边坡设计方案,主要解决边坡滑落、塌陷等问题^[6]。对于断层破碎带、软弱夹层等地段,适当降低边坡角度,加大边坡平台宽度,平台宽度视具体情况而定,保证边坡岩体稳定,同时在边坡平台上开挖排水沟槽,及时排除雨水,防止雨水渗透到岩石裂隙中使岩石变得松软。

针对褶皱应力集中区,采取分级边坡设计,把高边坡分成若干个小边坡,降低单个边坡的高度,分散边坡上的应力,减少边坡变形的风险;在边坡上铺一层保护层,如喷浆、挂网等方法,使边坡岩石成为一个整体,防止岩石风化、剥落。而在一线生产过程中,边坡的设计应根据实际情况进行及时调整,以免出现设计与实际不符的情况造成安全隐患以及增加后期对边坡治理的成本支出。

2.3 采剥工艺设计优化

采剥工艺的选择对开采效率以及资源利用率有较大影响,在复杂地质条件下要根据煤层赋存情况及地质破碎程度选择合适采剥方式以减少资源损失、降低工作效率等现象的发生。对于煤层缺失或者倾角较大的地段,不宜采取单一的采剥方法,而应使用分层采剥、分层推进的方法,依据煤层厚度和倾角合理地进行分层,并在每一层开采完毕后及时处理边坡保证下一层的安全施工,还要精确掌握好采剥区域防止出现超挖或欠挖的情况从而提升资源回收率。

对于软弱夹层地带,合理安排开采顺序,“先剥离、后采煤”,首先将软弱夹层上部岩石进行剥离,尽量缩短软弱夹层裸露时间,防止夹层塌陷影响开采工作;其次,在软弱夹层地段采取小型挖掘机加人工开挖方式完成开采任务,避免大型机械碾压造成夹层软化坍塌。最后,根据实际情况及时调整开采强度,在地质情况较差地段降低开采强度,加强安全防范措施,在地质条件良好地段提高开采强度,做到高效与安全并重。

2.4 排水系统设计优化

对于不良水文地质问题,排水系统改造主要是“以防为主、以排为辅、分区排水”,保证采场内无积水,防止水文问题对生产和安全造成影响^[7]。根据现场情况,在采场顶部开挖截水沟拦截地表水,阻止地表水进入采场冲刷边坡;在采场内部修建排水沟和集水井,依据采场地形以及地下水位高低进行布置,使采场底部积水可以迅速排出,以免基底岩石被软化。

对于地下水丰富地区,采取“井点降水+排水沟”联合排水措施,在开采前先期降低地下水位后再进行开采工作,防止开采时发生突然涌水事故;另外还要有备用排水设施以应对雨季等特殊情况下的排水需要,以免排水不及造成采坑灌水而影响生产进度。排水系统的设计要实用,不能过于复杂,便于工人操作及检修,减少排水费用开支。

3 复杂地质条件下露天煤矿开采优化设计的生产实践

3.1 实践背景

该露天煤矿地质条件复杂,在采场范围内有大量断层、褶皱以及软弱夹层,地下水丰富,在雨季地表水汇流集中,在传统的开采设计上存在着频繁的边坡滑落、低下的采剥效率、不通畅的运输系统、低下的资源利用率等问题,不但影响生产进度而且造成严重安全隐患,急需进行设计优化来解决以上问题提高生产效益及安全程度。

3.2 优化方案实践应用

在运输开拓上采取分区分段的方式进行,结合断层、褶皱情况把采场分成三个开采区,每个区布置一条独立的运输路线绕过断层破碎带,对运输线路坡度以及弯道进行优化设计,使用小型运输车辆代替大型设备在地质破碎地段工作,解决了以往运输线路容易受山坡滑坡的影响导致运输能力不足的问题,提高了运输效率。

在对边坡治理上,采取不同的边坡设计方案,在断层破碎带以及软弱夹层地段降低边坡角度加大平台宽度开挖排水沟槽并对边坡表面喷浆挂网防护;在褶皱应力集中地段采用分段式边坡设计从而有效地减少了边坡失稳、滑塌的风险,在实际施工过程中发生边坡事故次数明显减少降低了边坡整治费用及安全威胁。

在开采工艺上采取分层开采、分层推进方式,合理安排开采顺序,先对软弱夹层上方岩石进行开挖,使用小型机械配合人工处理软弱夹层部位,精确掌握好开采尺寸,防止出现超挖或者欠挖现象发生,从而提高矿产资源利用率,减少煤炭损失,在一定程度上也降低了开采难度以及加快了开采速度^[8]。

排水系统的建设有采场顶部截水沟、内部排水沟及集水井,采取井点降水与排水沟相结合的方式排水,并配有备用排水设施,有效地排除了采场积水问题,防止地下水和地表水对开采工作造成影响,在雨季可以迅速排出积水保证生产的正常运行。

3.3 实践成效

通过对开采设计方案优化以及生产实际应用,该露天煤矿较好地克服了复杂地质条件下一系列问题,在边坡稳定性方面有了较大改善,安全隐患得到了有效控制,采剥能力和资源利用率都得到较大提升,运输环节更为顺畅,降低了生产成本,实现了安全、高产、绿色开采的同时也积累了大量关于复杂地质条件下的露天煤矿开采设计优化及生产经验教训,对同类露天煤矿具有一定的借鉴意义。

4 开采设计优化与生产实践的注意方向

针对复杂地质条件下的露天煤矿开采设计优化及生产实践,应把握以下几个方面以保证设计方案的有效实施并防止流于形式,契合实际生产的需要^[9]。首先,设计优化要基于实地的地质勘探工作,在现场掌握真实的地质情况以及存在的问题点,不能简单地复制别的矿井的设计方案,使所制定的设计符合本矿的具体状况并且切实可行;其次,在生产过程中要加强地质动态监

控,及时了解地质的变化趋势,适时修正设计方案,防止设计与实际情况不符而造成突发事件无法及时处理;第三,要加强对一线操作人员的技术培训,使其熟练掌握新的设计方案以及作业程序,做到按章操作,保障设计方案的有效执行;第四,重视安全生产工作,把边坡的安全、排水的安全、设备的安全融入整个生产活动中去,经常性地进行检查,发现问题立即整改,杜绝安全事故的发生^[10]。

5 结论

在复杂地质条件下,露天煤矿开采设计优化是解决生产难题、提高开采效益、保证安全生产的重要手段。本文基于实际生产情况,对断层、褶皱、软弱夹层以及不良水文等地质因素给露天煤矿开采造成的影响进行了探讨,在开拓运输、边坡设计、采剥工艺及排水系统等方面提出了一些切实可行的设计优化建议并加以实践检验,证明这些措施确实有效缓解了复杂的地质条件带来的安全隐患和效率低下等问题,提高了资源利用率,降低了企业的运营成本。今后还需要更多的露天煤矿进行实践研究,不断改进和完善设计方案,总结经验教训,促进复杂地质条件下露天煤矿的安全高效绿色可持续发展。

【参考文献】

- [1]刘峰.基于露天煤矿复杂场景下的5G基站部署与迁移优化技术应用[J].智能矿山,2025,6(S1):60-62.
- [2]李泽军,张磊.露天煤矿复杂低渗透地层膜袋注浆法现场试验[J].现代矿业,2025,41(11):42-44+49.
- [3]刘英,范雅慧,岳辉.YOLO11-DAE:高分遥感图像露天煤矿复杂场景目标识别方法[J].地球信息科学学报,2025,27(09):2230-2249.
- [4]白晓杰,耿新宇,蔺海洋.非均质复杂岩体深凹露天煤矿爆破参数优选确定[J].煤炭技术,2023,42(12):46-49.
- [5]张津鹏,李林,郭伟强.复杂境界露天煤矿内排土场形态优化方法研究[J].煤炭技术,2023,42(12):85-89.
- [6]苏二换,颜杰,王斌.哈尔乌素露天煤矿复杂采空区精准探测与治理技术实践[J].中国煤炭,2022,48(S2):86-93.
- [7]武成权,威华,郭帅.安家岭露天煤矿复杂地质条件下采运排优化[J].露天采矿技术,2022,37(01):83-86.
- [8]陈亚军,蔺海洋,董法.干旱区露天煤矿复杂岩体爆破技术方案设计研究[J].采矿与安全工程学报,2022,39(01):200-205.
- [9]厉美杰,岳霆,韦钊.基于3DMine软件的露天煤矿复杂条件下表土模型的建立与应用[J].煤炭技术,2016,35(12):73-75.
- [10]张静.基于UML语言的露天煤矿复杂地形拟合软件的开发和实现[J].煤炭技术,2013,32(10):112-113.

作者简介:

李江涛(1997--),男,汉族,河南省、平舆县人,大学本科,职称:助理工程师,工作领域:露天煤矿现场生产管理和设计编制。