

煤矿开采技术与掘进支护技术的探析

刘汉磊

江苏能源股份有限公司, 江苏 徐州 221616

[摘要]此文全面且细致地对井工煤矿生产环节里的开采技术以及掘进支护技术展开探析。文章先是梳理了井工开采技术的不同分类、具体方法以及选择时所依据的相关因素,接着阐述了巷道掘进技术的具体工艺流程、借助机械化来实现的方式、针对灾害的防控举措以及呈现出的高效化发展趋向。而后还对支护技术的原理以及不同形式进行了辨析,将传统支护技术和现代支护技术之间的差异做了对比,并且归纳出了支护方案在设计时所遵循的逻辑思路。着重探讨了开采技术和掘进支护技术之间那种相互制约又相互促进的协同关联,从技术匹配情况、系统集成状况、智能化程度以及面临的未来挑战等诸多方面,论证了达成煤矿安全、高效且绿色开采目标的综合技术途径。

[关键词]煤矿开采;巷道掘进;支护技术;协同优化;安全保障

DOI: 10.33142/ect.v3i11.18360

中图分类号: TD353

文献标识码: A

Exploration on Coal Mining Technology and Excavation Support Technology

LIU Hanlei

Jiangsu Energy Co., Ltd., Xuzhou, Jiangsu, 221616, China

Abstract: This article comprehensively and meticulously explores the mining technology and excavation support technology in the production process of underground coal mines. The article first sorted out the different classifications, specific methods, and relevant factors used in the selection of underground mining technology, and then elaborated on the specific process flow of tunnel excavation technology, the ways to achieve it through mechanization, disaster prevention and control measures, and the high-efficiency development trend it presents. Then, the principles and different forms of support technology were analyzed, and the differences between traditional and modern support technologies were compared. The logical thinking followed in the design of support schemes was summarized. This paper focuses on exploring the synergistic relationship between mining technology and excavation support technology, which constrains and promotes each other. From various aspects such as technology matching, system integration, intelligence level, and future challenges, it demonstrates the comprehensive technical approach to achieving the goals of safe, efficient, and green mining in coal mines.

Keywords: coal mining; tunnel excavation; support technology; collaborative optimization; safety guarantee

煤矿开采与掘进支护技术的高精尖化发展,对煤矿开采安全、效率、矿区环境保护等均有深远影响。近年来,我国在煤矿开采方面虽取得了一定成果,但仍然有很多问题亟待解决。因此,当前进行煤矿开采技术分析和掘进支护技术的研究,并明确发展方向,对提高煤矿开采安全性、提升煤矿开采效率、减轻煤矿开采带来的环境污染以及促进我国煤矿开采工作发展具有现实意义。

1 井工煤矿开采技术概述

1.1 开采技术分类与特点

井工开采技术依照煤层的具体条件、所采用的工艺以及使用的设备能够从多个不同维度来进行划分。就采场围

岩管理这一方面而言,主要存在着垮落法、充填法还有煤柱支撑法等等不同的类别。其核心的区别就在于对于采空区顶板的处理方式以及由此所引发的覆岩移动和地表沉降等问题的处理方法上。垮落法这种开采方式,它的工艺相对来说比较简单,而且成本也比较低,所以在实际的应用当中是比较广泛的。充填法是通过使用特定的材料进行回填的方式来对围岩的移动加以控制,这种方法属于绿色开采的范畴,不过它的成本以及操作的复杂性相较于其他方法都有所增加。在选择具体的开采技术类别时,这与矿山的长远规划以及整体的综合效益是有着十分密切的关系的。

1.2 常见井工开采方法

长壁开采以及房柱式开采算得上是两种颇为典型的开采方法。就长壁开采而言,其工作面的长度往往颇为可观,连续推进的特性也比较明显,机械化程度更是处在较高的水平,单产方面所呈现出的能力也极为突出,已然成为我国大中型煤矿实现高产高效生产的主要技术模式之一。而房柱式开采则是凭借在煤层当中开掘出具有一定规则的煤房,并且对煤柱加以回收以此来获取资源,这种方法在巷道布置方面表现出了相当的灵活性,特别适合于那些煤层本身不够稳定、地质情况较为复杂或者需要对地表予以保护的区域,不过其资源回收率相对来说是比较低的,而且煤柱的稳定性也存在着一定的隐患。

1.3 开采技术选择的影响因素

开采技术的选择实则是一个复杂的决策流程,在这个过程中需要对多个目标加以权衡考量。它会受到诸多方面的影响,像自然条件、技术经济状况以及社会环境等等。其中,煤层所处的地质赋存条件是最基本的约束要素,这里面包含了煤层的厚度、倾角、埋藏的深度、顶底板的岩性特点、地质构造情况以及自然灾害可能带来的威胁程度等方面。从技术经济的角度来讲,涉及的因素有装备所达到的水平、投资方面的实力、生产所能实现的效率以及产生的成本、资源能够回收的比率等等。而在社会环境这其体现出来的因素在于安全生产所要遵循的标准、环保方面的相关法规以及对于矿工健康给予保障的责任等方面。

2 井工煤矿巷道掘进技术

2.1 掘进工艺与流程

巷道掘进属于工序衔接极为紧密的系统性工程,其标准流程是从测量定位以及断面设计开始的,之后会依次开展钻眼爆破或者借助机械截割来破岩,接着进行装载转运操作,再实施支护工作,最终完成巷道成形以及功能化方面的作业任务。各道工序的质量以及效率会对整体的进度与安全产生影响,其中破岩与支护之间的协同配合往往成为提升单进水平的关键所在。而如何优化劳动组织、实现工序在时空上的平行作业、减少不必要的间歇时间,这便成了提高循环效率方面的重要管理研究课题。

2.2 机械化掘进技术

机械化掘进技术已经历了从普通的钻爆法转变成综合机械化的重大变革,悬臂式掘进机以及全断面掘进机这类综合机械化装备,当属当前较为高级的形式,它们将截割、装载、转运以及行走等多种功能集成起来,能够达成煤岩的连续破碎以及出渣操作,如此一来便能提高掘进的速度,并且对安全环境也有所改善,不过这类设备对于地

质条件是有一定要求的,在碰到极硬岩石、断层破碎带或者涌水量较大的情况时,其效能就会受到限制,而且成本也会比较高,所以需要依据不同的实际情形来选择与之相匹配的方案,同时还要着力去研发那种适应性更强的智能装备。

2.3 掘进中的灾害防控技术

巷道掘进过程中始终伴随着与地质灾害的激烈斗争,要想保障掘进作业的安全,那么有效的超前探测以及实时的防控措施便是必不可少的前提条件。就瓦斯灾害而言,必须严格遵循“先抽后掘”“监测监控”“以风定产”这样的原则,借助千米钻机等相关设备来开展瓦斯预抽工作,并且要配备完善的监测报警系统。而在水害防治方面,最为关键之处就在于要彻底查清楚水文地质的具体条件,始终秉持着“预测预报”“有疑必探”“先探后掘”“先治后采”这样的方针,通过运用电法、钻探等多种手段来实现超前探测以及后续的疏放操作。顶板事故的防控则要靠对围岩状况的准确判断、对地应力情况的科学评估以及及时有效的支护措施。像煤尘、火灾以及地温热害等问题也同样需要与之相适应的防治技术来加以应对。

2.4 高效掘进技术的发展趋势

随着开采深度不断增加,地质条件也变得愈发复杂,在这样的大背景之下,巷道掘进技术正在朝着高效化、智能化以及少人化的方向不断迈进。其发展趋势主要体现在装备方面,智能感知以及自主决策的能力得到了进一步提升,就好比那些拥有地层自适应截割功能、位姿导航功能以及故障自诊断功能的智能掘进机器人系统。就工艺而言,其趋向于和支护进行深度融合,比如掘锚一体化能够实现平行作业,进而缩短循环时间。而远程监控以及集中操作则让工作面逐步达成“有人巡视、无人操作”的状态。高效掘进的发展情况是生产模式朝着本质安全以及精益管理转型其中的一个极为重要的组成部分。

3 井工煤矿巷道支护技术

3.1 支护原理与支护形式分类

巷道支护的主要目的就是要维持在开挖之后围岩的稳定状态,进而为相关作业提供一个安全的地下空间环境。其作用原理主要是依托于对围岩强度特性方面的利用以及对变形能量加以控制,是通过诸如“支”“挡”“悬”“固”等一系列力学机制来达成这一目标的。依据支护结构和围岩之间的作用关系来看,可以将其划分为被动支护以及主动支护这两种类型。像架棚、砌碛这类方式就属于被动支护,它是依靠结构自身的强度来承受围岩所施加的压力的。而像锚杆锚索、喷射混凝土这样的方式则属于主动支护,

它是通过施加预应力的方式来对围岩的应力状态进行改善,以此激发围岩自身的承重能力,最终形成一个能够共同承载的体系。

3.2 传统支护技术

架棚支护以及砌碇支护在过往曾发挥出十分重要的作用。架棚支护有着架设速度较为快捷这一特点,并且其初期的承载能力也比较快,在那种压力相对较大、变形情况颇为剧烈的巷道当中,或者作为临时支护手段来使用的时候,依旧有着一定的价值。砌碇支护是采用混凝土或者料石来构筑成连续拱形的结构,它的稳定性表现良好,服务的年限也相对较长,而且其防火以及防水的性能也都较为出色,通常会被应用于主要硐室这类永久性的工程之中。不过传统技术是存在着诸如材料消耗量偏大、施工进度较为缓慢、劳动强度颇高等一系列局限性的,在深部高应力的巷道当中,其支护所取得的效果以及成本效益方面都面临着不小的挑战。

3.3 现代支护技术

以锚杆锚索支护当作核心,再加上喷射混凝土、金属网等等所构成的现代主动支护体系,已然成为当下煤矿巷道支护方面占据主导地位的技术。锚杆支护是把杆体固定于围岩深处较为稳固的岩层之上,以此来给浅部破碎的围岩施加压应力,进而形成具有较高承载能力的“组合梁”或者“挤压加固拱”。当其与喷射混凝土相结合时,便能够及时地将围岩封闭起来,避免风化情况的发生,并且可以一同发生变形,同时保持住承载能力。随着高预应力以及高强度锚杆锚索技术的广泛推广,对于复杂巷道围岩变形所进行的主动控制能力也获得了革命性的提升。注浆加固技术作为一种重要的补强手段,能够对破碎岩体的力学参数起到改善的作用,而且常常会和锚喷支护联合在一起使用。

3.4 支护方案设计原则与评价

科学且合理的支护方案设计,得遵循安全性、经济性、技术可行性还有和掘进工艺相互协调性这几项原则。其中,安全性得确保巷道在整个服务期间都保持稳定状态,避免出现冒顶片帮这类事故;经济性方面,则要在保障安全的前提之下对成本加以优化;技术可行性要能契合当地的装备状况以及施工水平;而协调性则要求达成快速支护的目标,不能对掘进效率产生影响。支护方案的评价其实是一个涉及多个指标的综合性过程,这里面包含了像巷道位移收敛量、支护体受力等力学方面的观测指标,同时也涵盖了成本、施工速度等技术经济方面的指标,而且还需要长期去跟踪其耐久性情况。支护设计当下正从单纯依靠经验

类比的方法朝着以数值模拟以及现场监测作为基础的信息化动态设计方法转变。

4 开采技术与掘进支护技术的协同发展

4.1 技术匹配与系统优化

煤矿生产系统属于一个有机的整体,在这个系统当中,开采、掘进以及支护等各个子系统务必要达成高度的匹配,并且要进行协同优化的操作,只有这样才能够把它们的最大效能给释放出来。开采方式会对巷道布置的基本格局起到决定性的作用,比如说采用长壁综采的方式,那么这就要求顺槽巷道要保持平直的状态,其断面也要规整,而且支护必须要可靠才行^[3]。而房柱式开采则会衍生出复杂的巷道网络,对于交叉点的支护要求也会更高一些。在选择掘进技术的时候,必须要以能够满足开采对于巷道规格、进度以及质量等方面的需求作为前提条件来考虑。支护技术同样需要和掘进工艺、巷道的服务年限以及采动影响的强度相互适配。

4.2 智能化开采与支护一体化

煤矿智能化建设为开采与掘支技术的深度融合开拓了新的途径。智能开采工作面需要配套的巷道系统拥有状态自感知、故障自诊断以及参数自调整的能力,这推动着掘支装备朝着智能化的方向不断升级。智能掘进系统能够依据地质探测所获取的数据来自动对截割参数做出调整,并且会把巷道成型的相关数据传送给智能支护系统。智能支护系统可以凭借围岩变形以及压力方面的数据动态地去调整锚杆锚索支护的各项参数,进而达成自适应支护的效果。各个环节的数据会在统一的数字孪生平台上汇聚起来并进行分析决策,以此形成闭环控制,向着工作面智能开采与巷道智能快速掘支一体化协调推进的美好愿景逐步前行。

4.3 安全高效开采的技术路径

实现安全且高效的开采,其根本的途径在于推进技术创新以及系统集成工作,要把安全理念贯穿到每一个技术环节当中^[4]。这就需要不断地去研发能够适应深部复杂状况的、具备高可靠性的开采装备和相关工艺,要着力发展那种快速、精准并且智能的巷道掘支技术,还要构建起能够覆盖整个矿井的灾害监测预警以及协同防控体系。与此务必要十分重视技术层面、管理层面以及人员素质方面的同步提升,借助精细化的管理方式以及高素质队伍的建设来保证先进技术得以正确且有效地加以应用。

5 结束语

通过对井工煤矿在开采方面的技术、掘进所涉及的技术

术以及支护相关的技术展开分项的梳理工作,并且对它们相互间的关系加以关联分析之后可以发现,这三者共同组成了煤矿地下生产当中不可或缺的一条技术链条。其中,开采技术在这一链条里充当着明确目标以及指引方向的角色,掘进技术则是负责开拓作业以及做好相关准备工作,而支护技术的作用在于确保稳固并给予安全保障。任何一个环节要是出现技术方面存在短板的情况,或者各个环节之间的协同配合出现失灵状况,那么都有可能对整个系统的安全状况以及运行效率产生影响。就目前而言,煤矿技术正好处于朝着智能化方向进行转型的关键阶段,这样的情况无疑给技术的深度融合以及一体化创新带来了在历史上都不多见的机遇。应当始终把保障矿工的生命安全以及身体健康当作是最高伦理准则来坚持,把提高资源的回收比率以及开采的工作效率作为核心的经济目标去追求,同时也要把尽可能地减轻对环境所产生的影响视为一

项十分重要的社会责任,不断地去推动技术在协同方面取得进步以及实现系统的优化。

[参考文献]

- [1]胡文宣,张斌.关于煤矿开采技术与掘进支护技术探讨[J].冶金管理,2024(7):107-109.
 - [2]张永,鹿艳东.复杂地质条件下煤矿开采掘进支护技术探析[J].内蒙古煤炭经济,2024(14):70-72.
 - [3]马洪波.关于煤矿开采技术与掘进支护技术的探究[J].西部探矿工程,2025,37(1):91-93.
 - [4]喻明.煤矿开采工程巷道掘进和支护技术分析[J].内蒙古煤炭经济,2025(9):25-27.
- 作者简介:刘汉磊(1987.11—),男,毕业院校:中国矿业大学,学历:本科,所学专业:地质工程,当前就职单位:江苏能源股份有限公司张双楼,职务:副科长,年限:5年,职称级别:助理工程师。