

煤矿巷道掘进超前钻探技术应用及发展探究

孟祥俊^{1,2,3}

1.中煤科工集团沈阳研究院有限公司 辽宁抚顺 113122

2.煤矿安全技术国家重点实验室 辽宁抚顺 113122

3.沈阳煤炭科学研究所有限公司 辽宁沈阳 110011

摘要: 煤矿巷道掘进超前钻探技术是我国煤矿采掘技术研发中提出的新技术,该技术从效率和安全方面领先全行业,在当前煤矿巷道掘进生产中应用有非常重要的意义。本文进行煤矿巷道掘进超前钻探技术研究,从技术现状、技术应用以及技术发展等三个方面研究。通过研究提出未来智能化超前钻探技术理念,旨在通过研究促进煤矿巷道掘进超前钻探技术发展。

关键词: 煤矿; 巷道掘进; 钻探技术

Research on the application and development of advanced drilling technology in coal mine roadway driving

Xiangjun Meng^{1,2,3}

1. China Coal Science and Technology Group, Shenyang Research Institute Co., Ltd., Liaoning, Fushun 113122

2. State Key Laboratory of Coal Mine Safety Technology, Liaoning, Fushun 113122

3. Shenyang Coal Science Research Institute Co., Ltd., Liaoning, Shenyang 110011

Abstract: The advanced drilling technology for coal mine tunnel excavation is a new technology proposed in the research and development of coal mining technology in China. This technology is leading the industry in terms of efficiency and safety, and it holds significant importance in the current production of coal mine tunnel excavation. This paper conducts a study on the advanced drilling technology for coal mine tunnel excavation, focusing on three aspects: the current state of the technology, its application, and its development. The paper proposes the concept of future intelligent advanced drilling technology, aiming to promote the development of advanced drilling technology for coal mine tunnel excavation through research.

Keywords: Coal mine; Roadway driving; Drilling technique

煤矿井下采掘工作是煤矿生产的重点工作之一,该工作受到安全性因素制约,尤其是采掘作业时,受地质环境影响容易出现采掘不平衡问题,导致巷道采掘同时受到安全问题。因此,在安全技术需求背景下,煤矿技术研究专家一直都在研究安全、高效的煤矿巷道掘进技术。为实现掘进和钻探结合,提出掘进超前钻探技术。经过多年发展,该技术逐渐成熟。而随着智能化时代到来,该技术也正在融合应用智能化技术,促进技术再升级。

一、煤矿巷道掘进超前钻探技术现状研究

目前,我国对煤矿生产需求非常大,煤矿巷道掘进加快,我国巷道平均掘进长度超过 12000km,从而使巷道掘进工作对技术有更高要求。当前,我国煤矿技术研究部门正在大力发展智能快速巷道掘进技术,实践中证明智能化掘进技术速度快且安全^[1]。但是,实践中也反馈巷道掘进系统协同推进方面的问题,由于缺乏地质超前探测,导致智能化掘进过程中,地质结构突变,掘进装置难以及时调整工作参数,容易引发安全问题。尤其是当前我国煤矿岩层逐渐复杂情况

下,超前地质钻探技术非常必要,关系到巷道掘进安全和效率。

但是,从技术层面而言,想要在掘进工作面进行超前探测难度非常大。不仅面对巷道掘进大断面,也面对复杂的地质环境。因此,研究巷道掘进超前钻探技术成为目前煤矿技术研究的重点。

经过专家不断研究,提出一种钻探和物探结合技术手段。掘进作业时利用探测巷道及周边地质和水文情况,结合详细地理参数设计安全掘进技术,保证各项技术应用达到最佳效果。钻探法是一种相对直接的超前钻探技术方法,具有应用简单、钻探采样精度高的优势,但是该方法的钻探范围较小,靶区对其影响因素比较大,因此应用稳定性不足。而物探方法在应用的过程中也容易受到干扰,探测距离以及分辨率均不能满足超前钻探要求。因此,目前超前钻探技术的研究方向就是钻探和物探结合,采掘时采集地质构造、水文等相关信息,并且实施精准的预测,为巷道掘进提供参考^[2]。

随着智能化技术在煤矿巷道采掘中应用,也有专家也开始研究智能化掘进超前钻探技术,部分技术虽然只是理念,

但是由于智能化技术不断应用推广,相信在未来煤矿巷道掘进超前钻探技术将会融合吸收智能化技术优势,促进超前钻探技术应用发展。

二、煤矿巷道掘进超前钻探技术创新应用研究

煤矿巷道掘进超前钻探技术正处于创新应用的关键阶段。掘进钻探一体化技术已经取得“关键性成功”。如,当前煤矿巷道掘进生产中,应用掘进探测一体化设备、超前探双臂钻机及配套工艺、基于定向钻孔的综合探测技术等多种新技术,均能够实现掘进前的精准高效钻探。

1.掘进一体化技术设备

掘进探测一体化设备是将掘进与超前探测融合后设计的一种新设备。该设备能够解决传统掘进设备,掘进工作中装备反复移位、钻探效率低等问题。一直以来,掘进探测工作始终未能解决掘进与勘探不能连续作业,掘进速度慢的问题。掘进探测一体化设备的研究与实现,也有效解决该问题,真正实现掘进与探测一体化。

掘进探测一体化设备与掘锚一体机理念相同,设计时将钻机与定位技术相互融合,配置液压系统作为动力,集成化设计实现掘进和钻探一体化功能。

当前,掘进探测一体化设备研究已经实现国有自主化,我国自主研发大中型一体化设备主要包括 EBZ160T、EBZ220T、EBZ260T 等系列,实践中表现稳定,应用效率高,在当前煤矿掘进生产中广泛应用。

为加快煤矿巷道掘进探测一体化技术研究,我国已经研究上部式和侧部式两种钻机。其中上部式具体是指钻机位于掘进截割结构上侧。工作时伸缩油缸和旋转油缸能够相互调节角度进行钻探。钻机中间特意增加钻杆,从而在面对多方位、多角度钻孔需求时,可以选择小钻杆进行钻进。上部式掘进探测一体化设备已经解决许多问题,但是该技术的主要问题便是多功能后,整机切割性能降低。因此,解决性能低问题,有利于设备全面推广应用。侧部式是将钻机设置与设备侧面的掘进探测一体化设备,该设备利用马达给滑轨提供力量,钻探时,钻机能够被推到指定位置,并且对前方实施钻探,钻探完成后也可以利用滑轨回到原来位置。采用侧部式的主要优势就是应用的过程中,不会对掘进工作造成影响,并且钻探面积比较大,钻探面积几乎覆盖掘进工作面、顶板、底板以及两帮。

对两种形式掘进探测一体化设备进行综合研究发现,各自具有明显优势,但也存在一定的制约性问题。实践中,两种设备钻孔深度以及孔径均会受到井下封闭空间制约,因此

应用适用性较差^[3]。

现代我国煤矿生产对掘探一体化机械的生产要求非常高,掘探一体化设备已经开始融入智能化系统。如,EBZ160T型一体化设备在设计时融入润滑系统以及工况监测系统能够在设备运作时进行润滑保护,监测系统实时采集系统信息,发现系统工作异常立刻实施针对性处理,解决问题,提升运行效率。

2.超前探双臂钻机及配套工艺

目前,面对掘进工作面较大情况下的超前钻探难度较大。因此,针对此难点,设计超前探双臂钻机及配套工艺。该工艺能够利用双臂结构实施高效钻探,双臂工作相对独立,不会产生干扰性影响。以 ZDY2-1000LF、ZDY2-3200LF 型号为例,在当前煤矿巷道掘进钻探工作中取得良好实践效果。以下是对该超前钻探配套工艺进行全面研究。

超前探双臂钻机及配套工艺具有使用灵活,掘进钻探交替作业的优良。机械系统中设置可独立运行工作手臂,能够在向导中实施不同方位,不同角度的钻孔探测。为确保钻孔探测精准,作业时安装开孔定位仪,并设计液驱水泵。以上设备和结构的设计应用,都确保工艺具有高精度钻孔作业的效果,提升作业工作质量。而该设备实践应用中发现,采用轮式结构安全性无法保障。因此,最后设计为履带式,速度可观、使用寿命更长。

钻机给进机构由于受到掘进工作面空间的限制,设计为油缸链条给进机构,实现机身长度受限情况下给进行程最大;变幅机构采用多自由度结构,实现钻机主轴倾角在 $\pm 90^\circ$ 范围内调节;滑动平台使两钻臂主轴水平间距在 1.2-1.9 m 范围内调节。此外,回转器主轴采用中心通孔式结构,主轴的前后端盖设计无骨架油封和 V 形旋转圈配合密封的方式,提高水下工作的可靠性。

配套钻进设备研发也是该工艺的主要目标。为进一步提升掘探一体化工作能力,该设备针对传统一体化设备钻进工作能力差的,用时比较长问题进行处理。设计采用金刚石复合片凹钻头,并配备 50mm 直径、长度 1000mm 的高强度外平钻杆。利用液压系统形成钻杆作用力,提升钻进速率。为了解决钻进复杂,需要不断调整钻杆方式的问题,提出中间加杆、后端卸杆的加卸钻杆方式,无需反复拆卸水便。

另外,也有专家在进行研究的过程中,将钻进工作效率作为目标,采用循环式钻进设计方式进行掘进钻探一体化钻进研究。钻机在每个掘进循环设计 4 个超前探钻孔,每探 100 m 掘进 70 m,留设 30 m 安全距离,超前探放水钻孔布置如图 3 所示。钻机现场试验累计钻孔深度 1 065 m,

最大能力钻孔深度 200 m, 双主机同时作业 3 h 内可完成 2 个 100 m 钻孔。双臂钻机超前探施工效果良好, 该巷道单月掘进进尺效率提升了 30%^[4]。

3. 基于定向钻孔的综合探测技术

定向钻孔探测也是一种探测精度非常高的技术, 成本相对较低, 因此在近些年煤矿钻探领域中广泛应用。因此, 煤矿巷道掘进超前钻探技术研究中, 相关专家以定向钻孔技术为主要钻探工艺, 结合物探技术, 实施定向超前钻探。

定向钻探+综合物探技术应用, 能够直接对区域内的地质异常进行精准探测, 并且融合分支侧钻, 从多个角度、多个施工面进行钻探, 获取巷道及周边的关键性信息。

采用定向钻孔结合物探, 消除物探技术的干扰因素, 有利于提升预测精度。如, 实践研究中发现, 采用定向钻探+物探的一体化掘进超前钻探工艺仅需 2 次钻探和物探就能够掘进 1000m, 而传统钻探工艺需要在 10—12 次物探。因此该工艺具有高效率优势^[5]。在巷道大面积掘进时, 采用该技术能够有效减少钻探时间, 提高掘进效率, 有效控制实践成本。

另外, 组合工艺不断应用背景下, 相关专家对其进行再次升级。升级的过程中, 将瞬变电磁和地质雷达技术融入综合工艺当中, 实现掘进、物探、钻探三者有机结合, 并提升工艺精度。

定向钻孔+物探+先进探测技术的应用已经在煤矿勘探中良好实践。如, 某工作面回风巷道掘进过程中, 设计应用定向钻孔+物探组合技术。工程中设置 1 个主孔和 8 个分支孔、分别进尺 468m 和 663m。钻孔的过程中, 利用 ZDY12000LD 型全液压坑道定向钻机, BLY390/12 型泥浆泵车, YHD3-3000 型泥浆脉冲无线测量系统, 形成组合工艺后, 实施具体钻探^[6]。实践过程中, 与传统钻进技术模拟对比发现, 新技术应用效率提升 150%, 证明组合工艺的应用效果。

三、煤矿巷道掘进超前钻探技术发展

煤矿巷道掘进超前钻探技术是当前煤矿巷道掘进发展的需求。而通过上述研究发现, 钻探一体化设备、定向钻孔、

双臂钻探等多种新技术设计应用, 已经实现超前钻探。而依照我国煤矿需求的发展速度, 可以预见目前巷道掘进技术需求还会发展。尤其是在智能化巷道掘进技术发展背景下, 将智能化技术引入掘进和钻探领域已成必然趋势。

如, 智能一体化超前钻探将成为未来煤矿区巷道掘进钻探的关键技术。利用智能化技术形成掘进和钻探的智能管控, 设计智能化系统, 实现两种技术在工作方面的协调融合。另外, 从巷道掘进超前钻探安全性需求进行分析, 也要求应用智能化技术融入超前钻探技术形成技术安全。如, 建立掘进超前钻探设备的矿井灾害提前感知和预警系统, 设备掘进时刻随时感知危险, 自动报警, 提升掘进安全。

四、结束语

通过本文研究发现, 我国煤矿技术领域已经从多个方面研发巷道掘进超前钻探技术。而在未来智能化时代, 掘进超前钻探技术会以智能化技术为核心, 建立智能管理, 安全监测系统, 实施煤矿巷道掘进超前钻探, 应用智能化技术后, 技术安全得到保障, 效率也将随之提高, 更有利于提升煤矿掘进生产效率。

参考文献:

- [1] 马玉龙, 李鹏飞, 赵兴辉, 等. 综合物探技术在工作面地质预报中的应用[J]. 煤矿安全, 2022(003):053-053.
- [2] 杨帆, 姬中奎, 薛小渊, 等. 浅埋煤层巷道过沟探查及治理技术[J]. 煤矿安全, 2021, 52(12):115-120.
- [3] 王春林, 刘洋, 方刚, 李彦民, 梁向阳, 姬强, 杨冬, 管生玉. 榆横北区富水煤层巷道掘进防治水技术[J]. 煤矿安全, 2021, 052(009):102-107.
- [4] 陈绍杰, 祁银鸽, 李改革. 压入式通风掘进巷道粉尘悬浮运移规律研究[J]. 煤矿安全, 2022, 53(4):178-182.
- [5] 姚克. 煤矿区钻探行业发展的一面旗帜--中煤科工集团西安研究院有限公司煤矿区钻探技术与装备创新团队[J]. 科技成果管理与研究, 2022(4):12-14.
- [6] 韩森, 王卫军, 彭刚. 巷道塑性区和煤与瓦斯突出孔洞关系[J]. 煤矿安全, 2022, 53(12):155-162.