

煤矿用锚杆钻头的应用现状与发展趋势

孙荣军^{1,2}

(1. 中煤科工集团西安研究院有限公司, 陕西 西安 710077; 2. 西安科技大学建筑与土木工程学院, 陕西 西安 710054)

摘要:我国是采煤大国,大多数煤矿以井工开采为主,煤矿巷道掘进和支护的工程量很大,巷道支护钻孔施工需要消耗大量锚杆钻头,锚杆钻头的设计和制造技术也得到了快速发展。介绍了锚杆钻头的发展和应用现状,对我国煤矿现用的锚杆钻头的技术特点、适用性进行了分析,并结合煤矿巷道支护的实际需求,提出了施工硬岩和复杂地层时锚杆钻头存在的问题,最后从锚杆钻头设计、加工工艺等方面,阐述了锚杆钻头的发展趋势。

关键词:煤矿;巷道支护;钻孔;锚杆钻头

中图分类号:P634.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2017)05-0058-04

Application Status and Developmental Trend of Anchor Drill Bit in Coal Mine/SUN Rong-jun^{1,2} (1. Xi'an Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group Corp., Xi'an Shaanxi 710077, China; 2. Department of Civil and Architecture Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an Shaanxi 710054, China)

Abstract: China is a big coal mining country, most of the coal mines are by underground mining with large engineering quantities of coal mine roadway tunneling and supporting, a large number of anchor bits are needed in the tunnel support construction, and anchor bit design and manufacturing technology have been developed rapidly. This paper introduced the development and application status of anchor drill bit, analyzed the bit's technical feature and applicability, and put forward the existed problems of anchor drill bit in the construction of hard rocks and complex formations combining with the actual needs of the coal mine roadway support. Finally, the development trend of anchor bit is expounded in the aspects of bit design and processing technology.

Key words: coal mine; roadway support; borehole drilling; anchor drill bit

我国是采煤大国,大多数煤矿以井工开采为主,需要在地下开掘规模巨大的巷道,2012年煤炭工业协会统计资料显示,我国煤矿巷道平均总进尺约 1.5×10^7 m/年,其中煤和半煤岩巷总进尺约占84%,巷道支护是直接影响矿井安全、产量与效益的关键技术,锚杆(锚索)支护是煤矿巷道支护最为广泛的技术之一,国有重点煤矿的煤巷锚杆支护率已经达到85%以上,可以说巷道掘进量和支护钻孔工作量巨大,相应的锚杆钻头消耗量也非常大^[1-4]。本文在介绍锚杆钻头的发展和应用现状的基础上,结合煤矿巷道支护的实际需求,提出了锚杆钻头存在的问题,并阐述了锚杆钻头的发展趋势。

1 我国矿用锚杆钻头的发展和应用现状

我国锚杆支护技术的研究始于20世纪60年

代,当时所用的锚杆钻机和锚杆钻头均以进口为主,受进口设备价格昂贵,而国产设备正处于研发阶段的影响,锚杆支护技术推广缓慢,直到20世纪90年代以后,随着锚杆钻机技术的不断成熟和煤矿开采强度的加大,锚杆支护技术在煤矿井下巷道支护中得到大力推广^[5-6]。早期,锚杆支护钻孔施工使用的锚杆钻头主要以硬质合金钻头为主,其结构如图1所示,该类钻头切削齿选用碳化钨硬质合金材料,受硬质合金本身性能的影响,只适用于软—中硬地层钻进,且耐磨性差,保径能力弱,钻头寿命短。但由于其结构简单、制造成本低,目前煤层(软地层)锚杆孔的施工中仍在广泛应用。

随着我国超硬材料技术的发展,20世纪70年代末国内掀起了聚晶金刚石复合片(Polycrystalline Diamond Compact,以下简称:PDC^[8])制造和应用技术

收稿日期:2017-01-24; 修回日期:2017-04-06

基金项目:陕西省工业科技攻关项目“煤矿井下冲击回转定向钻进技术研究”(编号:2016GY-188)

作者简介:孙荣军,男,汉族,1977年生,副研究员,博士,主要从事煤矿坑道钻探新技术研发与推广工作,陕西省西安市高新区锦业一路82号,sunrongjun@ectegxian.com。



图 1 硬质合金锚杆钻头

的研究热潮,80 年代初开始将 PDC 复合片用于石油和地质钻头设计,起初所用 PDC 主要以进口为主,国内很多厂家也与美国、日本企业合作生产 PDC。PDC 既有金刚石耐磨性高的特点,也有硬质合金抗冲击韧性高的优点,用它制作的钻头在软—中硬岩层中寿命长、效率高。起初,PDC 因其加工难度大、技术含量高、价格昂贵,主要应用在石油钻头上。20 世纪 90 年代,美、英等发达国家开始将 PDC 用于硬

岩钻进用的锚杆钻头制造^[7],并取得了很好的应用效果。随着 PDC 制造技术在国内的发展,以及进口锚杆钻机及配套钻具在国内的应用,加快了我国锚固技术的发展。中煤科工集团西安研究院有限公司(原煤炭科学研究总院西安分院)借鉴我国已将 PDC 用于制作地质和石油钻头的成功经验,率先在国内成功研制了两翼型 PDC 锚杆钻头^[9-11],其结构如图 2 所示,并制定了“金刚石复合片锚杆钻头”行业标准,填补了我国在 PDC 锚杆钻头研究方面的空白。目前,国内煤矿巷道支护较常用的 PDC 锚杆钻头以两翼结构为主,根据 PDC 齿的形状不同主要分为:整片型、切片型和半片型 3 种类型(见图 3)。连接方式普遍采用丝扣连接,钻头直径以 27 ~ 32 mm 居多。由于 PDC 锚杆钻头在中硬岩石钻进中具有钻进效率高、使用寿命长等优点,它在巷道支护钻孔施工中占有主导地位。

近年来,随着进口巷道掘锚装备在国内的推广,

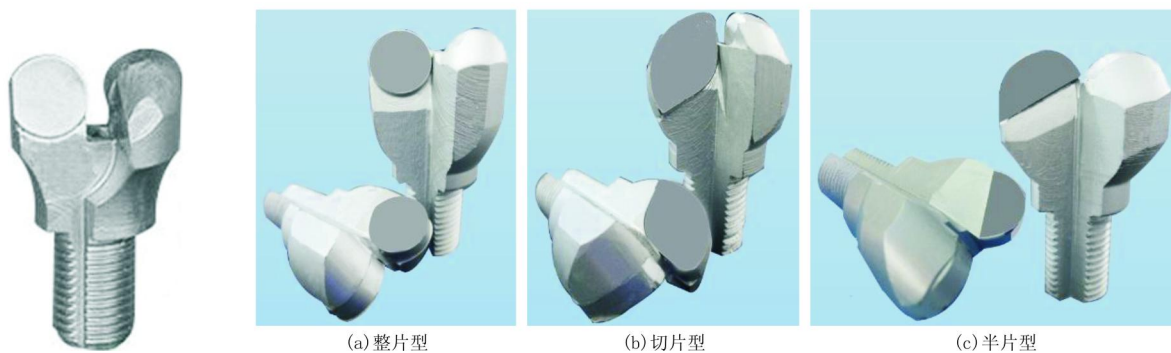


图 2 两翼型 PDC 锚杆钻头

图 3 不同切削齿形状的 PDC 锚杆钻头

进口锚杆钻头也随之在国内推广。进口锚杆钻头无论在使用效果和材料性能方面都表现出比国内钻头明显的优势,当然价格也比较昂贵。进口装备自动化程度高,因锚杆钻头使用过程中更换频率比大钻头更大,因此,快速装卸是提高整体施工效率的要求。为方便装卸,进口锚杆钻头多以插接式连接方式为主^[12-15],根据插接头类型不同,有外四方(公接头)插接式和内六方(母接头)插接式,根据钻进工艺不同可分为湿式(水钻型)和干式(风钻型),见图 4。另外,进口钎杆和钻头的规格,都比目前国内的规格大 1 ~ 2 个级配,如:美式六方中空钎杆,最大径为 25 mm,而国内六方钎杆最大径一般为 19 或 22 mm;美式锚杆钻头直径以 32 ~ 44 mm 居多,而国内目前则以 27 ~ 32 mm 居多^[16-20]。



图 4 插接式锚杆钻头

锚杆钻头作为钻锚装备配套工具,受国内钻锚装备整体技术发展的影响,其技术提升缓慢或发展重视程度不足。我国有关锚固技术的研究主要集中

在锚杆、锚固剂、锚杆钻机及锚杆检测仪器与技术方面。目前国内市场使用的锚杆钻头都是采用早期研究制定的制造工艺、结构形式及连接方式,相较于国外发达国家,国内锚杆钻头技术的创新明显不足。

2 锚杆钻头目前存在问题分析

我国针对锚杆钻头的加工工艺及使用方法经过多年不懈的研究,在技术与施工领域也取得了一定的进展。可是与欧、美主要产煤国相比较,锚杆钻头在制造和使用中还存在一些问题,尤其近年来,随着矿井开采深度的增加,支护技术的发展,支护工程量的提高,现有锚杆钻头在使用过程中已暴露出很多需要迫切解决的问题,主要表现在以下几个方面。

2.1 硬岩钻进效率低的问题

煤系地层一般以软—中硬(f 系数 ≤ 8)地层居多,一般煤巷锚杆支护孔的施工选用硬质合金钻头或PDC钻头进行回转钻进都可以满足要求;而对于煤层顶板坚硬岩石或煤层中含有大量矸石时,硬质合金钻头一般很难适应,PDC钻头也很难保证钻进效率;针对以冲击钻进为主的一字形、十字形或球齿形硬质合金钻头(见图5)来讲,遇到该类地层一般钻进效率也比较缓慢。解决硬岩钻进效率低的问题,不仅要在钻头结构上想办法,还要从设备、工艺、材料等方面综合考虑制定解决方案。



图5 冲击钻进用硬质合金钻头

2.2 复杂地层钻头使用寿命短的问题

随着矿井开采深度的加大,工程地质条件也越来越复杂,对钻头的耐磨性、抗冲击性、效率等都提出了更高的要求。目前针对复杂地层主要选用PDC锚杆钻头,在遇到软硬互层时经常出现崩刃、掉片、保径失效等现象(见图6),导致钻头寿命不能满足深孔钻进的需要。特别是针对较深锚索孔(单孔深度 >8 m)的施工,在遇到坚硬、破碎或裂隙发

育的地层时,经常一只钻头不能完成一个完整孔的施工,不但影响成孔效率,同时增加了劳动强度和支护成本。解决钻头寿命的问题,要结合成孔工艺方法,从材料优选、结构优化、制造工艺等方面全面提升钻头性能。

2.3 锚杆钻头拆装不便的问题

煤巷支护锚杆安装的密度大,间距一般为 $0.6 \sim 0.8$ m,锚杆孔深为一般 $2 \sim 3$ m。由此估算我国锚杆支护孔累计进尺总量上亿米。在如此巨大的工程中,需要更换上千万只以上的锚杆钻头。现有锚杆钻头与锚杆之间主要通过丝扣形式连接,由于钻头直径小,施工钻机的能力大,钻头在使用过程中,遇到阻力越大,丝扣连接强度越大,需要更换钻头时,一般都是靠人工装卸钻头,拧卸螺纹时非常困难,增加了工人劳动强度,影响锚孔施工效率。其次,目前煤矿行业内锚杆钻头与钻杆之间连接需要连接套连接过渡,当钻进过程中扭矩过大,致使拧卸钻头时,无法将连接套与钻头分开,导致钻头与连接套一同更换,无形之中造成了连接套的浪费,增加了施工成本(见图7)。解决钻头装卸不便的问题,并且由于在装卸过程中的诸多不便,工人操作失误,经常造成本来完好的钻头在更换时被损坏。可见,这种丝扣连接方式不但钻头装卸困难,而且容易导致钻头损坏。



图6 锚杆钻头崩片、保径失效

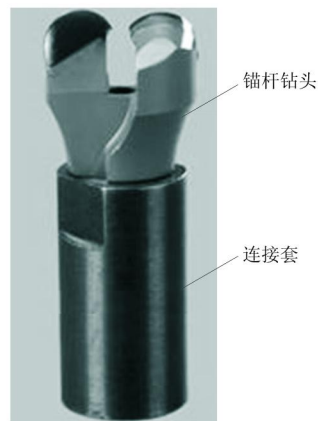


图7 锚杆钻头与连接套

2.4 锚杆钻头的加工工艺问题

现在锚杆钻头的制作依然沿用着早期的加工工艺,一只成品锚杆钻头需要经过下料、车铣加工、攻丝、焊接、修磨等多个环节,加工制造工艺较为复杂。并且该类钻头的主要特点是直径小,有其独特的布

齿方式,对钻头体强度及焊接强度要求高。随着锚固支护技术的发展和推广,锚杆钻头的年消耗量也在增加,这就加剧了现有锚杆钻头生产效率低、废品率高的问题。因此,有必要对现有的锚杆钻头制作工艺方法做进一步改进,以适应未来支护技术和市场要求。

3 我国矿用锚杆钻头的发展趋势

锚杆钻头在我国已有十多年的发展历史,但是受重视程度和市场价格的影响,目前无论从结构升级、加工工艺、材料优选等研究都处于低水平重复、低成本拼价格的维持发展阶段。随着煤矿自动化、智能化开采技术的推广,巷道支护装备也将向高效智能控制方面发展,也将对配套钻具(包括钻头)提出更高的要求。笔者认为未来锚杆钻头要适应以下发展趋势。

3.1 整体强度高、使用寿命长、焊接强度高的趋势

随着我国煤矿开采的逐步发展,采煤深度逐渐增加,井下地应力及岩石条件日渐复杂,施工较为破碎、裂隙发育的复杂地层以及较深的锚索孔逐渐成为常态,这就对锚杆钻头等配套施工钻具提出了更高的要求。

3.2 钻头现场使用操作简单,更换容易的趋势

随着科技的进步,井下施工设备机械化程度的提高,生产效率也会成为企业的重要考核指标,因此,在锚固支护方面,设计研发更换便捷的钻头,提高钻头的更换效率也会成为发展趋势。

3.3 钻头加工周期短,生产效率高的趋势

锚杆钻头作为支护加固过程中不可或缺的重要工具,其制作工艺及性能是影响煤矿井巷锚杆孔成孔及支护速度的重要因素之一。如何实现锚杆钻头在复杂地层锚孔施工,使用寿命长且易于装卸的功能,解决现有锚杆钻头生产效率低的问题,是目前我们所面临的问题。因此,应加大对锚杆钻头的研制力度。将对加快支护技术发展,提高支护速度,降低支护成本有着重要意义。

4 结语

锚杆钻头的需求量很大,但对锚杆钻头的技术创新明显不足,虽然锚杆钻头产量很大,但高端产品

缺少,不能满足硬岩或者复杂地层施工的需要,主要体现在寿命短、效率低、装卸不方便等方面,为此,应加强 PDC 切削齿、锚杆钻头加工工艺及锚杆钻头与配套钻具的连接方式等方面的创新设计,提升锚杆钻头的综合性能和技术水平,以满足巷道支护的实际需求。

参考文献:

- [1] 何满潮,袁和生,靖洪文,等.中国煤矿锚杆支护理论与实践[M].北京:科学出版社,2004:2-13.
- [2] 康红普.深部煤巷锚杆支护技术的研究与实践[J].煤矿开采,2008,13(1):1-5.
- [3] 康红普,王金华,林健.煤矿巷道支护技术的研究与应用[J].煤炭学报,2010,35(11):1809-1813.
- [4] 王金华.我国煤巷机械化掘进机现状及锚杆支护技术[J].煤炭科学技术,2004,32(1):6-11.
- [5] 陈庆敏,郭颂,张农.煤巷锚杆支护新理论与设计方法[J].矿山压力与顶板管理,2002,(1):12-15.
- [6] 徐锁庚.国内外掘锚机组的现状与发展趋势[J].煤矿机械,2006,27(10):3-6.
- [7] 修作量,王兴库.浅谈煤巷锚杆支护技术的现状与发展[J].煤矿开采,1996,21(2):3-5.
- [8] 刘阿龙,彭东辉,韩坤,等.聚晶金刚石复合片研究及展望[J].化工机械,2009,36(5):517-520.
- [9] 修作量.英国煤矿锚杆支护技术[J].煤炭科学技术,1993,21(12):54-56.
- [10] 唐胜利,王永强,李锁智.煤矿井巷用 PDC 锚杆钻头的研究[J].锚杆支护,2000,(2):40-42.
- [11] 刘祖建.浅谈 PDC 锚杆钻头失效原因及改进对策[J].超硬材料工程,2012,24(4):28-31.
- [12] 刘晓燕,李锁智,唐胜利,等.金刚石锚杆钻头类型及其合理选择使用[J].煤田地质与勘探,2002,(3):60-61.
- [13] MT/T 984—1996,煤矿用金刚石复合片锚杆钻头[S].
- [14] 侯超,孙荣军.铸造插接式锚杆钻头的研制与应用[J].煤矿机械,2014,35(11):72-75.
- [15] 孙荣军,侯超,李锁智,等.一种铸造插接式金刚石复合片锚杆钻头及其连接套:中国,201120217761.4[P].2012-01-25.
- [16] 刘向东,屈钧利.锚杆 PDC 钻头主要几何参数的优化研究[J].煤矿机械,2010,(1):29-31.
- [17] 李田军.PDC 钻头破碎岩石的力学分析与机理研究[D].湖北武汉:中国地质大学(武汉),2012.
- [18] 孟传明.锚杆钻头破岩过程建模及仿真分析[J].煤炭科学技术,2013,(10):90-92.
- [19] 唐胜利,王永强,李锁智,等.6-8级岩层锚杆钻头的研究[J].煤矿支护,2004,(3):27-28.
- [20] 周桂英,陈洪月,刘辉,等.掘进机机载锚杆钻机结构设计研究[J].煤矿机械,2008,29(7):11-12.