

煤矿用螺杆钻具性能测试及应用分析

汪芸^{1,2}, 姚宁平^{1,3}, 王敬国¹

(1. 煤炭科学研究总院西安研究院, 陕西 西安 710054; 2. 西安科技大学地环学院, 陕西 西安 710054; 3. 中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:分析了国内外螺杆钻具发展现状,并通过比较国内外螺杆钻具的特征差异,针对不同的螺杆钻具进行性能测试试验,进一步掌握了螺杆钻具性能特点,为促进国内煤矿用螺杆钻具的再发展提出了指导性建议。

关键词:煤矿;定向钻进;螺杆钻具;性能测试

中图分类号:TD421.2⁺5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)02-0060-03

Performance Testing and Application Analysis on PDM Drill in Coal Mine/WANG Yun^{1,2}, YAO Ning-ping^{1,3}, WANG Jing-guo¹ (1. Xi'an Branch of China Coal Research Institute, Xi'an Shaanxi 710077, China; 2. Xi'an University of Science and Technology, Xi'an Shaanxi 710054, China; 3. China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China)

Abstract: Analysis was made on the current development situation of PDM drill both in China and abroad. By the comparison between the feature differences of PDM drill both in China and abroad, performance tests were made on different PDM drills with guidance suggestions on redevelopment of coal mine PDM drill in China.

Key words: coal mine; directional drilling; PDM drill; performance testing

定向钻进是一种使用钻进导向装置进行钻井的技术,首先在油气钻井工业开发成功,后来逐渐应用于煤层井下钻进。在常规采煤作业中,利用定向长钻孔技术,可以在煤炭开采前对煤层进行瓦斯抽采(放),同时该技术还可用于探测岩浆侵入和瓦斯突出,从而减少发生严重的煤矿事故。英、美、澳等工业发达国家在沿煤层定向钻进技术、钻探设备、随钻测量仪器及钻进工艺等方面均相对趋于成熟。

实现精确的煤层定向钻进,达到高效治理煤矿瓦斯,就必须正确选择合适的钻进装备。螺杆钻具是当前国外深孔定向钻进技术中应用最为广泛的钻进器具之一,当前国内深孔高瓦斯矿井对此项技术需求迫切。国内煤矿井下用螺杆钻具定向钻进工艺技术和装备力量当前已达到国际先进水平,但应用效果较好的螺杆钻具大部分从国外引进。基于国内煤矿用螺杆钻具研究和应用现状,本文对国内外螺杆钻具性能进行了研究和分析,对进一步促进我国螺杆钻具性能测试及设备生产技术具有重要意义。

1 螺杆钻具发展概况

美国在20世纪50年代中期开始研制螺杆钻具,1962年投入生产,有Dyna Drill公司、Navi Drill公司和波斯钻具等。目前,西方国家从事螺杆钻具

制造的公司主要有:Baker hughse、Telco(美国)、Derco(加拿大)、Anadrill(美国)、National oilwell Inc(美国)、Mryrfor - Weir Ltd(法英跨国联营)、Simth及Dana-drill、Drill motor services公司等,螺杆钻具的发展主要以美、英、法等国为代表^[1]。

螺杆钻具在我国发展起步相对比较晚,到目前为止国内螺杆钻具的专业生产企业相对较少,全国主要生产厂家中大港石油、天津立林、德州石油等厂家的产品在石油行业应用相对较为广泛,各种型号规格的螺杆钻具已相对成熟,已经占据了一定的主导地位。而用于煤矿定向钻进的螺杆钻具到目前为止大部分由国外引进。

2 螺杆钻具结构和原理分析

螺杆钻具通过高压液体作为动力,当泥浆泵提供的泥浆或清水介质经送水器进入定子和转子之间的密封腔,推动转子自转,经万向轴的转换,把行星转动变为轴向转动,带动钻头旋转,即把输入端的液体压力能通过转子转换成机械能,从而达到破岩钻进的目的。钻进时螺杆钻具直接带动连接在其孔底传动轴上的钻头回转,整个钻杆柱仅作为输送高压介质的通道和支撑钻头反扭矩的杆件,不作回转运动。螺杆钻具可配备随钻测量系统,通过孔口监视

收稿日期:2010-05-31; 修回日期:2010-11-25

作者简介:汪芸(1980-),女(汉族),甘肃民勤人,煤炭科学研究总院西安研究院工程师,钻探机械专业,硕士,从事钻探机具生产及应用技术工作,陕西省西安市雁塔北路52号,a99401040@163.com。

器调整螺杆钻具的倾角、工具面向角和方位角,可以实现较灵活的定向钻进。

2.1 国内螺杆钻具特征

国产石油、天然气勘探用常规螺杆钻具包括旁通阀、转子和定子总成(马达)、万向节、轴承和驱动轴 4 部分组成(图 1)。螺杆钻具工作时,旁通阀的旁通孔被阀芯堵死,钻井液流经密封腔。如果压力选择得不合适将会造成液体泄漏,从而降低螺杆钻具的容积效率和机械效率。平均使用寿命一般都在 100~200 h 之间,寿命相对较短,其性能还不能满足煤矿定向钻进工作需求。



图 1 国产螺杆钻具结构图

2.2 国外螺杆钻具特征

目前引进国外煤矿用螺杆钻具主要由 3 大部分组成:动力段总成(转子和定子)、万向轴总成和传动轴总成,见图 2。煤矿用高压液体同时作为冲洗液循环使用,液体会卷带一定量的煤渣、煤灰进入螺杆钻具,这样容易堵塞旁通阀,因此国外煤矿用螺杆钻具基本上已经取消了旁通阀的设置。通过密封接头直接将压力液送入螺杆钻具密封腔,由定子带动钻头回转。从外观上来看国内外螺杆钻具的基本结构是相似的,国外螺杆钻具较国内结构更简单;但在材料处理和具体的构成方面国外产品优于国内产品。国外螺杆钻具平均使用寿命一般都在 200~300 h,我院研制的定向钻进系统配套用螺杆钻具首次使用寿命在 400 h 以上,在钻进的同时提供技术支撑和专业的维修服务,可以延长螺杆钻具的使用寿命。综合分析,同一规格的螺杆钻具,国外产品技术更能体现适宜于煤矿地质条件,钻进效率高,具有低转速、大扭矩的特点,并且所需液动力流量也相对较小。



图 2 国外螺杆钻具结构图

3 螺杆钻具性能分析

3.1 应用特点

螺杆钻具钻进时,随孔深的增加管路的液体动能损耗增加;螺杆钻具不适合钻进大直径瓦斯抽放

孔及高瓦斯地层和松软破碎地层的定向钻进^[2],因此使用该技术施工水平钻孔的终孔直径相对较小,例如美、英、澳等国施工的煤矿井下水平长钻孔一般孔径为 75~96 mm。螺杆钻具能够用于定向钻进技术特征主要有以下几方面:

(1) 螺杆钻具定向钻进时,其传动轴带动钻头回转破碎岩石,定子及钻杆不发生回转,可以减少钻杆的疲劳和磨损,从而减少了钻杆的折断事故^[3];

(2) 通过螺杆钻具下端的弯接头体或万向轴造斜,带动传动轴倾斜,能使钻头对孔壁四周产生大小不等的侧向力,从而实现造斜钻进;

(3) 螺杆钻具的造斜及定向可以通过随钻测量系统进行实时监控,从而使方位角、倾角和工具面向角得到适时调整;

(4) 螺杆钻具配套抗扭、抗弯和抗拉性能较好的高强度大通孔通缆钻杆和回转扭矩比较大、起拔能力比较强的定向钻机使用,虽然设备成本很高,但钻进效率很高。

螺杆钻具定向钻进因其定向可控性好,精度高,在施工高精度定向、有分支孔、孔深 800~1000 m 甚至 1000 m 以上的定向钻孔时具备相当的技术优势^[4]。目前国内煤矿使用近水平定向钻进技术及装备已经成功完成主孔深度 1046 m、终孔直径 96 mm 的水平定向瓦斯抽采钻孔,平均钻进效率达到 160 m/d,2007 年底至 2009 年 6 月定向钻进累计进尺超过 60000 m^[5]。这标志着我国煤矿井下定向钻进技术与装备国产化开始,改变了钻进设备主要依赖进口的局面。

螺杆钻具在正常有效地工作时,所能承受的压降以不超过设计理论值为准,否则会造成螺杆钻具液体漏失,转速降低,严重时则完全停止转动,使螺杆钻具无谓的损坏。螺杆钻具的理论输出扭矩和其压降成正比;理论输出转速与输入介质流量成正比。螺杆钻具在工作时随着负荷的增加其转速有所降低,通过监控泥浆泵输出液体压力和流量,便能起到控制井下螺杆钻具的扭矩和转速的作用。

3.2 试验分析

螺杆钻具的工作特性是在试验台上通过大量的性能测试试验而得到,在应用前为了验证螺杆钻具设计和计算的正确性,以及加工的制造精度,测定它的工作特性和标定合理的工作范围。将国产 IZL4LZ73 型螺杆钻具和国外 IDS 螺杆钻具进行了性能测试试验。选择不同泥浆泵挡位,逐渐调节加载扭矩至 150、200、250、300、350 N·m,泵压也逐渐

升高,转速逐渐降低;在泥浆泵不同流量下,随着流量和加载扭矩增大,泵压增加,钻具回转速度相应增加。国产螺杆钻具压力、转速随加载扭矩变化见图3及图4,IDS螺杆钻具压力、转速随加载扭矩变化见图5及图6,所有这些相互变化关系与常规螺杆钻具的实际特征变化关系相一致。

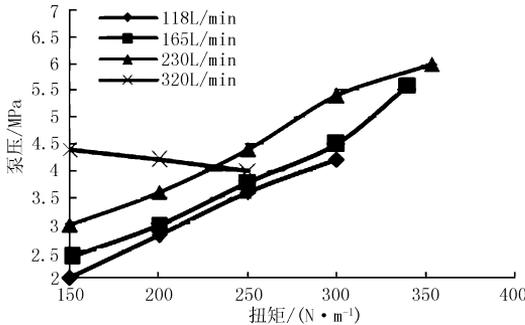


图3 国产螺杆钻具压力随加载扭矩变化趋势

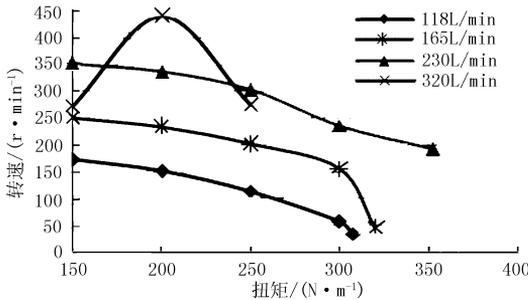


图4 国产螺杆钻具转速随加载扭矩变化趋势

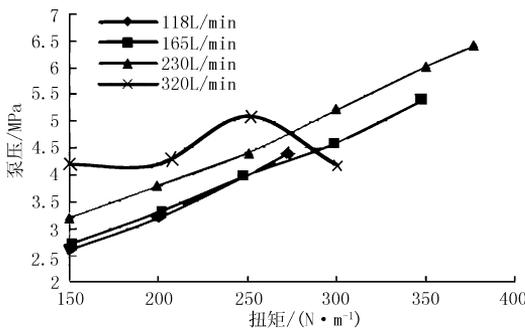


图5 国外螺杆钻具压力随加载扭矩变化趋势

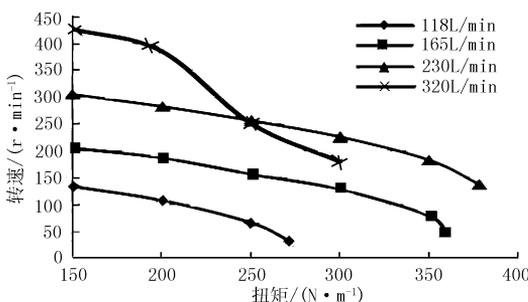


图6 国外螺杆钻具转速随加载扭矩变化趋势

(1) 螺杆钻具的测试是泥浆泵为螺杆钻具提供动力源,通过加载设备模拟钻进工况,程控设备实现自动加载控制,使螺杆钻具能够正常的运转工作,并且借助数据采集系统对螺杆钻具运转过程中的信息进行采集,形成数据曲线。

(2) IZL4LZ73型螺杆钻具在测试时,当流量调至118、230 L/min时,扭矩随着泵压的不断增加可以稳定加载,转速能保持稳定的变化;将流量挡位在165、320 L/min时,扭矩加载不稳定。

(3) IDS螺杆钻具当流量调至118、165、230 L/min时,扭矩随着泵压的不断增加可以稳定加载,转速能保持稳定的变化,而流量调至320 L/min挡位时,扭矩、转速出现不稳定。

3.3 性能分析

(1) IZL4LZ73型螺杆钻具的设计思路和IDS螺杆钻具的设计思路基本上是一致的,但是在材质的选择和加工工艺上还存在很大的发展空间。实际工作性能均能够满足近水平定向钻孔施工目前要求范围内的需要,IDS螺杆钻具比国产IZL4LZ73型螺杆钻具可靠性强,工作性能更为稳定。

(2) 目前煤矿定向钻进中选用的泥浆泵特性适配于该规格的螺杆钻具,能满足定向钻进的需求。通过试验确定螺杆钻具应用的最佳参数范围,使其处于比较稳定的工作状态,根据它的可调范围,调节泥浆泵的排量和泵压使螺杆钻具发挥其最优的特性。

4 结语

随着水平定向钻进技术的突破性进展和国外螺杆钻具技术日渐成熟,螺杆钻具在我国煤矿水平定向钻进中进一步应用中具备了扎实的基础。相对于国外发展较成熟的螺杆钻具,国内还有待于引进和消化吸收,针对煤矿定向钻进中螺杆钻具的应用要求,提高和研制适合国内煤田地质条件的螺杆钻具。

参考文献:

- [1] 2009年中国螺杆钻具行业市场调研咨询报告[R]. 环咨公司, 2009.
- [2] 郝世俊. 孔底马达在我国煤矿井下水平孔钻进中的应用前景[J]. 煤田地质与勘探, 2004, (S1).
- [3] 吴翔, 杨凯华, 蒋盛国. 定向钻进原理与应用[M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 2006. 80-110.
- [4] 姚宁平. 我国煤矿井下近水平定向钻进技术的发展[J]. 煤田地质与勘探, 2008, 36(4).
- [5] 赵永哲. 矿井下近水平定向孔螺杆钻具钻进受控机理研究[D]. 陕西西安: 煤炭科学研究总院西安研究院, 2008.