

气动潜孔锤钻进技术若干问题

刘家荣^{1,2}, 王建华², 王文斌³, 许刘万²

(1. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 2. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000; 3. 河北省地矿局石家庄综合地质大队, 河北 石家庄 050081)

摘要: 气动潜孔锤钻进技术以其钻进效率高、钻孔质量好等一系列优点已被广泛应用,但在日常应用中也存在着诸如钻进效果不尽如人意,所选设备性能和施工条件不匹配、不适应其主要参数,基本操作守则掌握不好等问题。以工程实践为依据,参考有关文献,对气动潜孔锤钻进中的若干技术问题进行了论述,以期促进该技术的推广应用。

关键词: 气动潜孔锤; 钻进; 钻进参数; 设备; 泡沫剂

中图分类号: P634.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2010)05-0040-05

Some Problems on Pneumatic DTH Drilling/LIU Jia-rong^{1,2}, WANG Jian-hua², WANG Wen-bin³, XU Liu-wan² (1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China; 3. Shijiazhuang Comprehensive Geological Team of Hebei Bureau of Geology and Mineral Exploration, Shijiazhuang Hebei 050081, China)

Abstract: Pneumatic DTH drilling technology has been widely applied because of its high drilling efficiency and good borehole quality, but there are still some problems such as mismatch between equipment performance and construction conditions, unfitting to the main parameters and not-enough mastering of operation rules. Based on the engineering practice and according to the related literature, the paper discussed the technical issues in DTH drilling.

Key words: DTH; drilling; drilling parameter; equipment; foam agent

0 前言

气动潜孔锤钻进是当代多工艺空气钻进技术方法之一,由于它具有钻进效率高、钻孔质量好等一系列优点已被广泛应用,而且得到了大家的认可。我国于20世纪80年代初期,在基岩水井施工中开始应用这一技术。经过几十年的科研开发和推广应用,现已取得了非常显著的成效,从根本上改变了长期存在的钻进效率低、成本高、成井质量差、出水量小、使用寿命短等问题。从目前情况看,虽然推广面逐步扩大,技术领域不断拓宽,有的钻进效率比钢丝绳冲击钻进、牙轮回转钻进提高几倍到十几倍,成井率提高80%左右、成本降低50%,取得了显著的经济效益和社会效益。但在日常应用中也存在一些问题和不足,诸如:(1)钻具组合形式单一,应用效果不尽如人意;(2)工艺方法简单,钻进效果不佳;(3)对泡沫剂的使用还不甚了解;(4)选用设备性能和施工条件不匹配、不适应;(5)进行气动潜孔锤钻进时,主要参数的选取和基本操作守则对钻进效率的提高影响等。必须在原有基础上不断加以完善,有针对性地予以解决,以便达到加深潜孔锤钻进工

艺的理解并合理运用,以利于此种技术的横向拓宽和纵向发展。

1 气动潜孔锤钻进技术参数问题

1.1 风量、风速和风压

一般认为所用压缩空气的压力高,则潜孔锤钻进的效率也高,而且钻头的使用寿命也长。供风量不仅是保证冲击器工作的基本条件,也是保证钻孔是否能正常排粉的重要因素,因为在干空气的钻进情况下,排粉效果的好坏,主要是和上返风速有关,而风速就和供风量发生直接关系。

风量根据所用冲击器的性能以及要满足洗井所需的上返风速而确定。因为岩屑在气流介质中由于本身的粘度、密度和形状的不同而具有不同的悬浮速度,因此要使岩屑有效地排出孔外,达到孔底干净,就必须采用大于岩屑悬浮速度的上返风速。对于反循环气动潜孔锤钻进来说不存在此类问题,对于一般正循环钻进,压缩空气在钻杆与孔壁环状间隙中的上返流速,不少文献推荐宜在15~30 m/s。有的文献推荐排除岩屑所需风量往往还超过潜孔锤

收稿日期:2010-03-21

作者简介:刘家荣(1965-),男(汉族),吉林白山人,中国地质大学(北京)博士生在读,中国地质科学院勘探技术研究所大口径钻头与钻具研制中心副主任、教授级高级工程师,地质工程专业,从事钻孔设备和钻具的研制工作,河北省廊坊市市金光道77号勘探技术研究所。

工作作风量。在钻杆直径与钻头直径相差较大时,潜孔锤在低气压下运转,因气量不足,不能产生足够的气流速度,岩屑不能及时排出孔外而堆积在孔底,这样最容易出现埋钻,导致孔内事故发生。

因此,在进行大口径潜孔锤钻进时,钻孔直径和所用钻杆直径的级差比大时,就出现了潜孔锤供风量不能满足排渣所需风量的问题,所以携带孔底岩屑钻杆直径与井壁之间的环状间隙就显得尤为重要。供风量的选择与确定,主要是要保证一定的环空上返风速,依下列公式推算(正循环要大于 15 m/s):

$$V = \frac{Q \times 21220.66}{D^2 - d^2}$$

式中:V——上返风速, m/s; Q——供风量, m³/min; D——钻孔直径, mm; d——钻杆直径, mm。

选择好风量、风速和风压的技术关键在于如何掌握好3个关系:空气能量和循环阻力的关系;上返速度和清孔效果的关系;介质密度和钻井条件的关系。在解决好上述关系的同时,还要采取相应的技术措施,如:增加供风量和供风压力;减小环流断面;有条件时选择反循环气动潜孔锤钻进;合理选用冲击器型号;调整介质密度,采用气液两相介质循环,如采用泡沫剂、雾化以及其他充气介质等。通常规律是其相同条件下风压愈高钻速愈快。随孔深的增加所需压力也增大,如钻 Ø120 mm 的钻孔,深 150 m 时需消耗风压 1.4 MPa,深 200 m 时需消耗风压 1.7 MPa。另外用空气泡沫钻进消耗风压约比纯空气增大 0.18 MPa,同样条件下,如孔深 200 m 时用空气泡沫其冲孔风压为 2.21 MPa,而纯空气钻进风压仅为 1.7 MPa 不同冲孔方法对配备空压机能力要求也不同。此外,在有水的情况下钻进,背压对潜孔锤风压每 10 m 增加 0.1 MPa。

为减少岩屑堆积,还可在潜孔锤上部安装沉淀管的办法,能取得效果,并使风量消耗减轻。

1.2 轴向压力

从冲击碎岩原理来看,岩石主要是靠冲击动载作用下破碎的,因此潜孔锤钻进效率的高低,主要是取决于冲击功的大小和冲击频率的多少,而轴压是保证冲击功充分发挥作用的辅助力,过大过小都会影响钻进正常进行,大则会引起钻具的振动、钻头过早的磨损、硬质合金齿掉落、回转困难;过小将会影响冲击功的有效传递。

表 1 列出了几种规格潜孔锤钻进时推荐选用的轴向压力范围,如果孔内钻柱自身重力超出其范围时应采取减压钻进。

表 1 气动潜孔锤钻进推荐的轴向压力

潜孔锤直径/mm	最低钻压/kN	最大钻压/kN
76	1.5	3.0
102	2.5	5.0
127	4.0	9.0
152	5.0	15.0
203	8.0	20.0
305	16.0	35.0

潜孔锤钻进主要靠冲击器活塞来冲击钻头,而不是靠钻杆柱加压提高钻速,这一点不同于牙轮钻头回转钻进。因此,为防止钻杆剧烈震动,尽可能选用下限值,钻压过高会损坏冲击器和钻头,使钻速下降。

1.3 转速

潜孔锤钻进是属于慢回转的一种钻进方法,合理的转速选择,对钻头寿命乃至钻进成本至关重要。它主要与冲击器所产生的冲击功的大小、冲击频率的高低、钻头的形式以及所钻岩石的物理机械性质有关。潜孔锤钻进以冲击碎岩为主,所以无需过快的线速度。转速太快,对钻头的寿命不利,特别在研磨性强的岩层,转速过快将使钻头外围的刃齿很快磨损和碎裂。

如果转速太慢,则将使柱齿冲击时与已有冲击破碎点(凹坑)重复,导致钻速下降。常规是岩石愈硬或钻头直径愈大,愈要求用较低之转速。

在某些严重裂隙性岩层中钻进,有时为防止卡钻而采用增加转速的办法。但也要注意有时卡钻是因为钻头已过度磨损,而增加转速会使问题复杂化。

对潜孔锤钻进,最优钻头回转速度,应以获得有效的钻速、平稳的操作和经济的钻头寿命作为一般要求,现提出下列经验数据供选择:覆盖层为 40 ~ 60 r/min;软岩层为 30 ~ 50 r/min;中硬岩层为 20 ~ 40 r/min;硬岩层为 10 ~ 30 r/min。

2 气动潜孔锤钻进

2.1 气动冲击器

冲击器是潜孔锤钻进的主要钻具,其性能优劣直接影响钻进效率。国外十分注重对冲击器性能的研究,解决了许多技术关键问题,使冲击器的性能有了很大的提高。如阿特拉斯、美国寿力开发的系列产品就很多,有适合深孔的,低耗、低气量的中高风压的等。大部分为无阀结构,内部零件少,结构简单,坚固而好用。从发展趋势看是向高风压和大孔径发展。国内一些厂家也很重视对冲击器的研究,产品的性能已接近国际先进水平。从近年来的生产

应用看,基本满足了工程需要,而且价格还比国外的便宜。另外,提高风压就可提高钻进效率,这也是国内外致力于发展高压冲击器的原因。对施工单位来说选购高压还是低压冲击器要因实际情况而定,

条件许可时尽可能选配高压的,但同规格的冲击器高压和低压的价格差异较大,选配时一定要注意。国内外有关厂家气动冲击器见表2。

表2 部分厂家中高压气动潜孔锤系列选择表

厂家	产品型号	工作风压/MPa	耗气量/($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	外径/mm	钻孔直径/mm	螺纹连接
苏普曼公司	SPM170	0.5~0.7	19.5	156	170~250	外特 100×28×10
	SPM350	0.8~2.1	5.7~20	116	130~152	API 2.3/8 IF
	SPM360	0.8~2.1	8.5~25	136	152~203	API 3.1/2 REG
	SPM380	0.8~2.1	12~31	181	203~305	API 4.1/2 REG
嘉兴嘉冶矿山 钻具制造有限 公司	JG150-0	1.7	18	140	155,165,175,194	API 3.1/2 REG
	JW150-0	1.03	15	140	165,180,194	API 3.1/2 REG
	JG200-0	1.0~1.7	25	188	205,210,235	API 3.1/2 REG
	JWD-200-0	0.63~1.0	15~25	190	205,210,225,235	120×40×8(外方)
阿特拉斯公司	COP84L	25	30	160	191~219	API 4.1/2 REG
	COP8L	20	54	178	203~254	API 4.1/2 REG
	QL80	25	44.5	181	200~305	API 4.1/2 REG
	QL120	25	82.2	285	311~559	API 6.5/8 REG

注:由于生产潜孔锤的公司较多,表中所列仅供参考。

2.2 钻头

冲击器所产生的能量是通过钻头破碎岩石的,所以岩石要受冲击和研磨双重作用。这就要求对钻头进行合理的设计、制造和使用,保证钻头的高效、耐磨和长寿命。这也是提高钻进效率的重要因素之一。

目前国外对潜孔锤钻头除了合理设计选用不同形状硬质合金柱齿外,钻头底唇面造型及合理布齿都至关重要。常规用的大致分为以下4种底面造型,适用于不同岩层和工况条件下选择(如图1所示)。

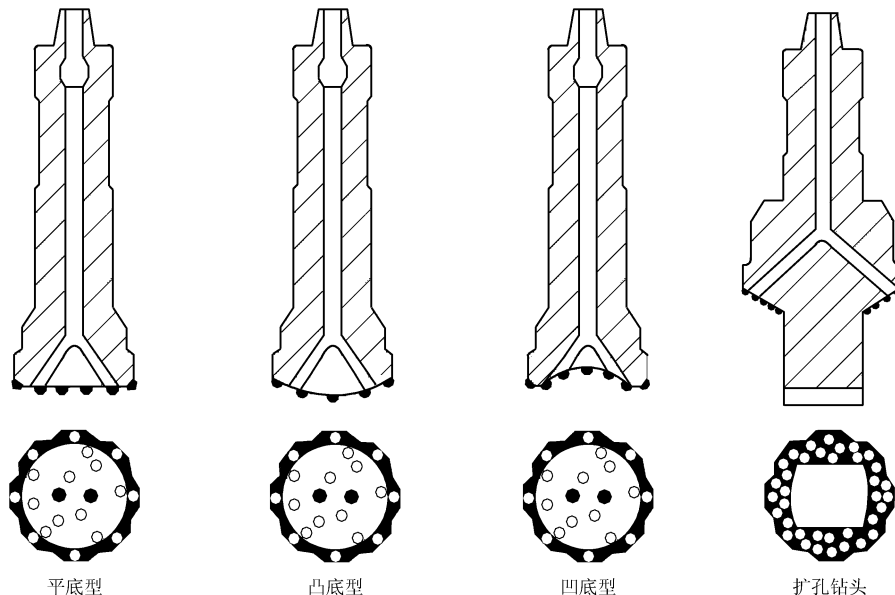


图1 潜孔锤钻头底唇面造型示意图

2.2.1 平底型

这是一种通用型设计,用于较软或硬的岩层。在破碎和裂隙性以及岩性多变的岩层中钻进有良好的效果。但不宜在特别软的和覆盖层中使用。

2.2.2 凸底型

设计用于钻速比钻孔垂直更重要的硬、研磨性强的岩层钻进。其凸形表面相对克取岩层表面较小,能产生较大的冲击功,并获得高的钻速。但钻孔垂直度比其他钻头要差一些。

2.2.3 凹底型

设计有一个向内凹的锥形面,能起到减少地面设备震动和保持钻孔垂直的作用。为提高碎岩效果,其柱齿呈交错排列,在许多岩层中的钻速较高。此型钻头适用于软和硬的岩层,而且钻头寿命长。

2.2.4 扩孔钻头

专门设计用于特殊情况下扩大孔径。钻头体下部同牙轮扩孔钻头底部,有一与前导孔直径匹配的导正部分,共分两次钻凿,这种方法解决了一次成孔存在的许多不利因素,而且成孔垂直度高,效率也相对较高。

除了上述钻头底面造型外,日常还会碰到有中空式钻头,跟管钻进用的其它形式钻头。

2.3 钻杆柱

气动潜孔锤钻进用钻杆柱与其它回转钻进相比,不承受大的扭矩和高转速,钻具质量轻,所以,实践证明钻杆有较长的寿命。从正循环钻进来说,加大钻杆外径,减小壁厚,钻杆质量增加不大,但截面系数增大了,有利于提高上返速度,又使钻杆刚度增大,对深孔钻进显得尤为重要,既提高了钻速又减少了钻孔的偏差。为减少孔内事故发生,建议用外平钻杆比较适宜。具体钻杆柱的连接,潜孔锤上加扶正器以及钻铤,这必须要因地制宜,根据操作者的习惯和经验而定。

但对反循环气动潜孔锤而言,钻杆柱连接比较简单,小直径钻孔均为外平式双壁钻杆,大直径钻孔常规式双壁钻杆,内外管均采用特殊结构设计加工。与气举反循环钻进用双壁钻杆有明显区别,而且地面配套与正循环气动潜孔锤都不一样。此工艺方法正在推广阶段,用途及范围也在不断扩大。

2.4 空压机

合理选用空压机是保证潜孔锤高效钻进的基础。目前进入中国市场的国外空压机种类也很多,除了向国内销售外,还面向用户租赁。施工单位可按工程实情咨询选配。有关气动潜孔锤钻进常用空压机见表 3。

2.5 钻机

钻机作为配合潜孔锤钻进的主要设备,它是驱动潜孔锤钻进回转的动力。选用性能和潜孔锤钻进技术要求适应的钻机,是保证潜孔锤钻进正常进行的又一重要条件。有些钻机性能是不适应的,主要反映在钻机的转速偏高。近年来我国进口的全液压力头车装钻机剧增,同时国内有些厂家也在研制生产此种类型钻机,而且钻进工艺主要采用气动潜孔锤方法,其最大优越性是机械化程度高和无级变

速,现已成为了最适合气动潜孔锤钻进的钻机。目前这方面常用的各种类型钻机见表 4。

表 3 气动潜孔锤钻进常用空压机选择表

公司名称	空压机型号	排气量 /(m ³ ·min ⁻¹)	额定排气 压力/MPa	备注
	780RH/1070XH	22.1/30.3	2.07/2.41	常用
美国	1150XH/1350XH	32.6/38.2	2.4/2.4	常用
寿力	900XHH ~ 1150XH	5.5 ~ 32.6	3.45 ~ 2.4	双工况
	1150XHH ~ 1350XH	32.6 ~ 38.2	3.45 ~ 2.4	双工况
	PDSG750S	21.2	1.3	常用
复盛	PDSH850S	24	1.75	常用
公司	PDSJ750S	21.2	2.11	常用
	PDSK1200S	35	2.45	常用
	XRYS1260	34 ~ 40	2.2 ~ 3.5	常用
阿特	XRXS1275	35.5	3.0	常用
拉斯	XRVS1300	36.4	2.5	常用
	XRV5976	77.7	2.5	常用
	RHP750WCAT	21.2	2.07	常用
英格	XHP900WCAT	25.5	2.41	常用
索兰	XHP1070WCAT	30.3	2.41	常用
	XHP1170WCAT	33.1	2.41	常用

表 4 气动潜孔锤钻进常用钻机选择表

钻机类型	钻机型号	生产厂家
	RD20, T3W	阿特拉斯
	50K, 185K, 30K	钻科公司
	T685WS, T130, T200	美国雪姆
全液压力头车装钻机	G55S	意大利土力
	DS100	意大利 WEI
	RB50 标准型/加长型	宝峨公司
	SDC - 1000	中国地质科学院勘探技术研究所
	SMJ5400	石家庄煤矿机械有限公司
	SMD750	连云港黄海机械厂有限公司
	BZC - 350B, BZC - 350C	滨州锻压机械厂
	SPC - 600, SPC - 100	河北建设勘察院有限公司钻探机械厂
	MJ - 400	天津劳尔公司
车装式转盘钻机	SPC - 300HW	
	SPC - 600HW	天津探矿机械厂
	SPC - 300D	
	SPJC - 300	上海金泰工程机械有限公司
	SPJC - 400	
	SPC - 150	衡阳探矿机械厂
	SPT - 600	河北建设勘察院有限公司钻探机械厂
	SPT - 1000	
拖车式转盘钻机	SPT - 300	
	SPT - 450	天津探矿机械厂
	SPT - 600	
	SPJT - 300	
	SPJT - 400	上海金泰工程机械有限公司
	SJPJT - 600	
散装式转盘钻机	SPJ - 300, SPS - 400, SPS - 600, SPS - 1000, SPS - 2000, SPS - 2600, 红星 - 400, 红星 - 600, RPS - 3200 等	

3 注入泡沫剂的功效

潜孔锤钻进注入泡沫剂是必不可少的一种工艺方法。它是在输送空气的同时通过泡沫泵向空气流中注入一定量的发泡剂,使洗井介质在循环中产生大量的稳定泡沫,因为空气泡沫的密度比水小得多,再加上活性物质的其它性能,对解决潜孔锤钻进过程中排岩屑、扑尘、降低水柱压力、增浮和润滑钻具都有良好的作用。一般进口钻机上基本都配有注入泡沫剂泵,我国一些车装钻机也开始向这方面完善,以利于发挥注入泡沫剂的功效。但对于散装钻机施工,需要自配泡沫剂泵。

3.1 使用范围

- (1) 干旱缺水地区空气泡沫潜孔锤钻凿基岩水井;
- (2) 气动潜孔锤施工锚固孔、爆破孔、震源孔除尘处理;
- (3) 冰冻地层钻进空气泡沫洗井;
- (4) 干旱缺水地区各种工程孔(市政工程、交通、矿山)空气钻进潮湿层、漏失层、涌水层的泡沫洗井,快速通过复杂地层;
- (5) 充气泡沫泥浆钻进工程地质、水文地质钻孔的漏失地层;
- (6) 油田低压油、气层空气泡沫负压钻井;
- (7) 油田修井作业中漏失井的泡沫冲砂负压洗井;
- (8) 油田自喷井的泡沫诱喷,延长自喷周期;
- (9) 油田含水气井泡沫排除井底积液,泡沫化排作业,预防气井水淹停产。

3.2 用法与用量

一般情况下,ADF 泡沫剂的使用浓度为 0.1%

~0.4%,也可以根据地层的水质、液、产油量调整泡沫剂使用浓度。当地层液量较大,地层水矿化度较高时,可适当提高使用浓度。现场使用时,用计量泵将稀释后的泡沫剂直接注入井内即可。

4 结语

(1) 气动潜孔锤钻进工艺的一系列优点,已在钻探施工许多领域所证实。它和其它方法配合使用,可以有效地推行综合式分层钻进技术,达到全面提高生产效率,降低钻探成本的目的。

(2) 该技术不仅适合浅而无水的钻进条件,而且当风压能够克服孔内水柱阻力的情况下,也能在深而有水孔中钻进。

(3) 该工艺最适合于干旱缺水、供水困难的甚岩井施工,可大幅度提高钻进效率,减少供水设备和费用,保证施工能正常进行。

(4) 对于初次采用的单位来说,一定要先学习掌握此项技术的相关知识,不能急于求成。

参考文献:

- [1] 编写组. 露天潜孔钻机[M]. 北京:冶金工业出版社,1974.
- [2] 鞍钢矿山研究所. 国外潜孔风动冲击器[M]. 北京:冶金工业出版社,1980.
- [3] 耿瑞伦,陈星庆. 多工艺空气钻探[M]. 北京:地质出版社,1994.
- [4] 许刘万,等. 多工艺空气钻进技术及其新进展[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(10).
- [5] 许刘万,史兵言,赵明杰. 反循环气动潜孔锤的研制及应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(4):31-34.
- [6] 许刘万,史兵言,李国栋. 大力推广气动潜孔锤及气举反循环组合钻进技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(9):41-45.

安徽 321 队刷新安徽省金属矿床最深孔纪录

本刊讯 安徽省地矿局 321 队承担的《铜陵市鸡冠山深部及外围金铜硫矿普查》项目 ZK965 钻孔传来喜讯,该孔终孔孔深达 1651.77 m,刷新了由该队 2009 年创造的安徽省金属矿床勘查最深孔 1648.52 m 的施工纪录。

安徽铜陵作为矿业城市,随着地质工作程度的逐步提高,地质找矿的主要方向逐步转移到深部隐伏矿床,其找矿方法也逐步向综合性、多样性、多方位转变。321 队在《铜陵市鸡冠山深部及外围金铜硫矿普查》项目中发现,铜矿埋藏深度都在 1200 m 以下,这就要求定向钻进不断取得突破,钻探工艺不断更新。2009 年 12 月,该项目 ZK901 孔终孔深达 1648.52 m,创安徽省金属矿床勘查最深孔纪录,专家在该孔

验收时认为“它是目前长江中下游找矿第一深孔,为长江中下游第二找矿空间打下了良好的基础,具有开创意义”。时隔 4 个月,该项目 ZK965 孔以 1651.77 m 刷新纪录;同时该孔在孔深 900 多米成功进行人工造斜纠偏,创造了安徽省地质勘查定向钻进最深人工造斜纠偏纪录。

近年来,321 地质队通过不懈努力,一次次打出最深孔,钻探技术、工艺不断进步。这次最深孔及深度造斜纠偏的成功,标志着该队定向钻进技术迈上新台阶,也标志着该队深孔轨迹控制能力进一步提高,为铜陵地区乃至长江中下游深部找矿突破提供了坚实的基础。