

新型磁力打捞器的研制及其应用

梁贵和, 郭道强, 姜焕忠

(中国人民解放军 66259 部队, 内蒙古 呼和浩特 010051)

摘要:通过对钻探过程中孔底形成金属落物的原因及事故征兆分析, 研制出了一种能高效打捞孔底金属落物的新型磁力打捞器, 在现场应用中取得了良好的效果。介绍了该新型磁力打捞器的设计思路、结构原理、操作技术以现场应用效果等。

关键词:钻探; 金属落物; 磁力打捞器; 气动潜孔锤

中图分类号: P634.8 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2013)09-0026-03

Development and Application of a New Magnetic Fishing Tool/LIANG Gui-he, GUO Dao-qiang, JIANG Huan-zhong
(No. 66259 Unit, PLA, Huhhot Inner Mongolia 010051, China)

Abstract: Based on the analysis on the accident causes and omens of metal objects in the drilling hole bottom, a new type of magnetic fishing tool was developed, by which metal objects in the drilling hole bottom can be efficiently fished with good effects in engineering application. The paper introduces this new type of magnetic fishing tool about its design ideas, structure principle, operation technology and the field application effects.

Key words: drilling; metal object; magnetic fishing tool; pneumatic DTH

0 引言

在钻探施工中, 由于种种原因造成钻头硬质合金脱落、牙轮钻头掉轮(潜孔锤头胎体破碎掉块)或修理工具等落入孔底事故, 这些孔底金属落物如无法及时打捞出孔口, 会造成钻进无法继续施工甚至井孔报废。如何快速高效的打捞孔底金属落物, 保证钻进正常进行, 成为钻探施工的一大难题。笔者在多年从事钻探施工的经验基础上, 研制出了一种能快速打捞孔底金属落物的新型磁力打捞器, 以保证施工的正常进行, 供同行参考。

1 孔底出现金属落物的原因及征兆

1.1 原因分析

在钻探施工过程中, 孔底出现金属落物主要由以下原因造成。

(1) 岩石硬度过大容易造成钻头(锤头)损坏。在硬岩中采用气动潜孔锤钻进, 气动冲击器的冲击频率每分钟可达上百次, 在钻进的过程中, 遇到硬度过大的岩石, 如火成岩, 石英砂岩等, 锤头长时间的高频率冲击坚硬岩石, 如检查不及时, 极易造成锤头过度疲劳、破裂、掉块或硬质合金脱落, 造成孔底出现金属落物; 在采用泥浆牙轮钻进工艺钻进硬岩时, 由于钻头长时间与坚硬岩石接触, 负荷较大, 也容易

由于过度疲劳而出现轮齿硬质合金断裂或牙轮轴承断裂造成牙轮或硬质合金脱落掉入孔底。

(2) 钻头(锤头)得不到及时的冷却, 造成损坏。这种情况多见于气动潜孔锤钻进工艺中, 锤头与硬岩高频冲击, 会产生大量的热量, 使锤头部分温度升高, 强度降低, 如得不到及时冷却, 易造成锤头破裂或硬质合金脱落, 形成孔内金属落物。特别是在地层水位较深, 在钻进的过程中地层无水, 孔内注水又不及及时, 锤头不能及时冷却更容易出现上述事故。

(3) 钻头(锤头)质量问题。由于目前生产钻头(锤头)的厂家较多, 质量参差不齐, 有的钻头(锤头)在安全工作期内发生破裂, 造成孔底金属落物。

(4) 由于操作不慎, 将小的修理工具掉入孔内形成孔内金属落物。

1.2 孔底形成金属落物的征兆

在钻进过程中, 孔底如有金属落物, 主要征兆表现在卡钻与钻进进尺缓慢 2 个方面。

1.2.1 根据卡钻情况判断孔内是否存在金属落物

在气动潜孔锤钻进过程中, 要时刻注意井口反渣情况, 通过上返的岩屑实时判断潜孔锤头在孔下的工作情况。如果在钻进过程中突然出现钻具回转阻卡, 要及时判断是何原因造成的。主要有以下几种情况。

收稿日期: 2013-03-02; 修回日期: 2013-06-22

作者简介: 梁贵和(1974-), 男(汉族), 内蒙古丰镇人, 中国人民解放军第 66259 部队技术室主任、工程师, 地质矿产勘察专业, 硕士, 主要从事水文地质勘察及水井钻探与科研工作, 内蒙古呼和浩特市 66259 部队技术室, guihe740713@163.com。

(1) 如果通过上返岩渣观察发现岩屑直径较大,地层较破碎,且进尺加快,一般为地层破碎掉块卡钻。在这种情况下,可通过慢速回转,并上下活动钻具,把不稳定地层的掉块全部破碎排出孔外,如钻进不再阻卡,可恢复正常钻进。

(2) 如通过上返岩渣观察,岩屑粒径较小,地层稳定,但钻进过程中回转阻卡。这时可把钻具提离孔底 0.5 m 左右观察,如钻具回转正常,但当下放钻具时,锤头一接触孔底就阻卡,反复几次都是这样,基本上可以判断为锤头硬质合金脱落或胎体碎裂掉块落入孔底卡钻。因金属脱落物密度较大,高压空气不足以吹起,只在孔底发生卡钻,需提钻打捞。

(3) 在泥浆钻进过程中,如钻具提下顺畅,但钻头一接触孔底钻进就阻卡,一般情况下可判断为孔底存在金属落物,需提钻检查钻头。

1.2.2 根据钻进进尺情况判断孔底是否存在金属落物

在钻进过程中,有时钻头(锤头)硬质合金脱落较少,在钻进参数不变的情况下,钻具回转阻卡不明显,但钻进进尺明显减慢(相同地层条件下减少为原进尺的 1/5 以上),甚至不进尺,则一般情况下可判断为钻头(锤头)硬质合金脱落,需提钻检查打捞。

2 新型磁力打捞器的研制

2.1 设计思路

新型磁力打捞器的设计综合考虑以下几个因素。

2.1.1 打捞器具有清孔功能

钻头(锤头)硬质合金、胎体碎块、牙轮等井底金属落物一般与孔底沉淀的岩屑混合在一起,且常常埋在岩屑下部,大大削弱了磁铁的吸力。如用普通磁力打捞器打捞,通常需分 2 步进行:第一步,下钻具送气(浆)清孔,使沉淀岩屑返出孔外,而后提钻;第二步,下磁力打捞器到孔底进行打捞。这样做的效果往往不太理想,因在第一步清孔提钻后,等第二步下入磁力打捞器的过程中,由于地下水涌出(潜孔锤钻进工艺)携带出新的岩屑或孔壁粘附(泥浆中悬浮)的岩屑会再次掉落孔底形成新的沉淀,影响打捞效果,甚至造成打捞失败。因此,在新型磁力打捞器的设计上要考虑设计有通气(浆)装置,一次下入孔底,先送气(浆)清孔,而后停风(浆)直接打捞。

2.1.2 具有方便拆卸磁铁的功能

普通磁力打捞器,磁铁直接镶嵌在打捞体内,长

时间与钻具存放在一起,容易褪磁,造成吸力不强,影响打捞效果。新型磁力打捞器在设计上采用可拆卸磁铁结构,打捞工作结束后,可将磁铁拆下,以方便保存,如磁力不强时,还可及时更换。

2.2 结构设计

新型磁力打捞器由强磁铁、主筒体与接头 3 部分组成。结构如图 1 所示。

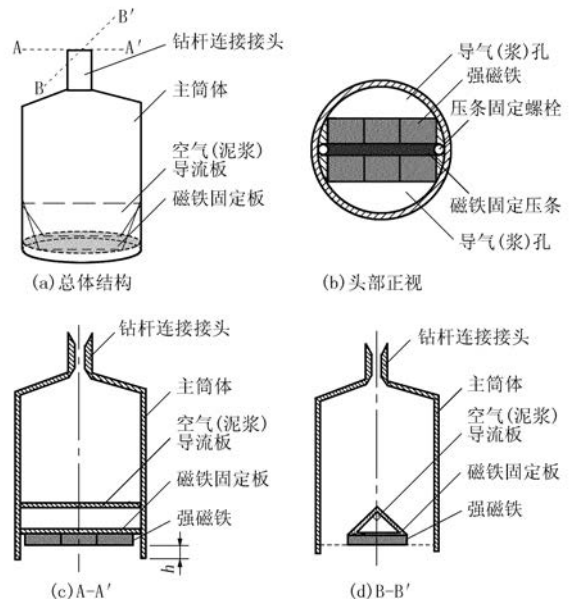


图 1 新型磁力打捞器结构示意图

2.3 部件功能介绍及加工技术要求

(1) 主筒体:用来装配磁力打捞器的母体,要求长 30~40 cm。材质可选用壁厚 $\delta=6\sim9$ mm 的无缝钢管加工;根据标准钻头的规格与符合 API 标准无缝钢管的规格,可设计加工成适于不同孔径钻孔的系列产品。

(2) 钻杆连接接头:用于连接钻杆与打捞器。

(3) 空气(泥浆)导流板:用来导流空气(泥浆),避免清孔送入的高压空气(泥浆)直接射流到磁铁固定板上冲击强度过大,造成磁力打捞器振动碰撞孔壁。可选用厚 $\delta=6$ mm 的钢板加工,与磁铁固定板成等腰直角三角形焊接(如图 1d 所示)。

(4) 磁铁固定板:用来固定强磁铁的载体,可选用厚 $\delta=8\sim10$ mm 的钢板加工,大小根据主筒体的直径确定。

(5) 强磁铁:打捞器的核心部件。市场上规格较全,可根据主筒体直径与磁铁固定板的大小确定所需的规格与数量。

(6) 磁铁固定压条:将强磁铁压固于磁铁固定板上,防止磁铁滑落,可选用厚 $\delta=6$ mm 的钢板加工。

(7) 压条固定螺栓:将磁铁固定压条固定于磁

铁固定板上。

(8) 导气(浆)孔:用来向孔底输送高压空气(泥浆),要求两侧排气(浆)孔对称,面积相等(s)。排气(浆)孔总面积 $2s \geq$ 钻杆内孔截面积 S 。

(9) h (图 1c):加工制造时,要求主筒体高出强磁铁面 3~4 mm。对磁铁起保护作用。

2.4 新型磁力打捞器的工作原理

新型磁力打捞器由清孔与打捞 2 部分功能组成。具体工作原理为:将磁力打捞器与钻杆连接,下到距孔底 0.5 m 左右时启动空压机向孔底送入高压空气(当送泥浆时,打捞器距孔底 0.1 m 左右),空气(泥浆)通过钻杆经接头进入主筒体,在主筒体内经空气(泥浆)导流板将高压空气(泥浆)分为 2 部分,经导气(浆)孔到达孔底,开始清孔;清孔结束后,停止送气(浆),而后下放打捞器至孔底,打捞金属落物。

3 新型磁力打捞器的操作技术要求

(1) 打捞前要精确校正孔深,确认钻孔深度。

(2) 认真检查钻杆及新型磁力打捞器的技术状况:检查打捞器通气(浆)孔是否畅通,强磁铁安装固定是否正确,钻具及其接头是否完好,高压空气(泥浆)管路与钻具连接是否正确,管路是否有破损漏气(浆)现象,在确认上述各项指标技术状况良好后,连接打捞器与钻杆,开始下钻。

(3) 下钻过程中,操作要稳,速度要慢,尽量避免打捞器与孔壁发生碰撞;当打捞器距孔底 0.5 m(送泥浆清孔时,打捞器距孔底 0.1 m)左右时停止,开空压机(泥浆泵)开始送气(浆)清孔,在清孔的过程中要慢速转动钻具(转速 10~20 r/min),以防孔壁掉块卡钻。期间,要时刻观察钻机扭矩,如发现扭矩增大有阻卡迹象,要及时活动钻具,以防卡钻。

①如用高压空气清孔,破碎的岩石从孔底被带到地表,主要是依靠高压空气提供的动能,这与风量、钻孔直径和钻具外径都有关系。当岩渣在高压空气的作用下获得 914 m/min(3000 ft/min)的上返速度时,即可被携带到地表。岩渣的上返速度与风量、钻孔直径、钻具外径的关系如下式:

$$V = 4Q / [\pi(D^2 - d^2)]$$

则:

$$Q = \pi(D^2 - d^2)V/4$$

式中: Q ——空压机所需提供的最小风量, m^3/min ;
 V ——空气流速,取 914 m/min; D ——钻孔孔径, m;
 d ——所用钻杆外径, m。

②如用泥浆清孔,泥浆泵的泵量与压力能使泥浆携带岩屑正常循环返出地表即可。

(4) 待孔口排出物没有岩屑时,先停气(浆),过 1 min 后钻具停止旋转,慢速下放打捞器到孔底,开始打捞金属落物。

(5) 在打捞的过程中,打捞器磁铁每接触一次孔底后,上提 0.1 m 左右,钻具正转约 45° ,再放入孔底打捞,如此重复,钻具转够一圈后,提钻。

(6) 提钻速度要慢,钻具卸扣要轻,尽量减少与孔壁的碰撞与振动。

(7) 清理打捞器上的金属落物,打捞结束。

4 现场应用及效果

2011 年 2 月,我部奉命赴河北涉县革命老区西宇庄村钻凿深井以解决当地村民吃水难问题。该井设计井深 300 m。地层岩性至上而下为:0~20 m 为第四系砂卵石层;40 m 以深为长城系大洪峪组石英砂岩。具体施工工艺为:第四系松散层采用泥浆正循环钻进,至完整基岩后,下入 $\varnothing 273$ mm 螺旋卷管后固井,下部石英砂岩段分别采用 $\varnothing 225$ mm(20~136 m 下泵段)、 $\varnothing 194$ mm(136~300 m)气动潜孔锤钻进。

在气动潜孔锤钻进的过程中,由于石英砂岩硬度太高,曾多次发生冲击锤头上的硬质合金脱落与锤头体破裂掉块落入井底,使钻进无法进行。在处理事故的过程中,曾使用普通磁力打捞器、粘筒等多种方法,均未取得良好的效果。最后设计加工上述新型磁力打捞器进行打捞,分别在 $\varnothing 225$ mm 孔段采用主筒体为 $\varnothing 178$ mm 的新型磁力打捞器,在 $\varnothing 194$ mm 孔段采用主筒体为 $\varnothing 146$ mm 的新型磁力打捞器进行打捞,全部顺利将孔底金属落物打出孔口,使施工得以顺利进行,钻进至 300 m 设计深度终孔,取得了良好的效果,节约了钻探成本。新型磁力打捞器实物如图 2 所示,图 3 为打捞出的物品实物。



图 2 新型磁力打捞器实物

(下转到第 40 页)

气动潜孔锤相应配气行程长度比例大;

(3) 双向气动冲击机构反向冲击工况相比正向冲击工况前气室进气行程长度比例略大,后气室排气行程长度比例大幅增大;

(4) 双向气动冲击机构反向冲击工况后气室进气行程长度比例较正向冲击工况小。

上述(1)、(2)的情况主要是由于双向气动潜孔锤为了成功实现反向冲击,需要适当减小前、后气室的进气及排气行程,同时相应增大压缩(膨胀)行程,从而使得配气比例能够通过结构改变实现较大的调节范围。另外,双向气动潜孔锤反向冲击时,后气室的压缩(膨胀)行程及气垫长度均为零,其中一部分活塞行程转变为后气室的排气行程,同时也使活塞前行时,后气室的进气行程缩短,这也就是出现(3)、(4)所述情况的原因。双向气动冲击机构各段配气行程长度的设计比例可以参考表 4 的计算结果。

3 结语

双向气动冲击机构的配气行程与普通无阀型气动潜孔锤的配气行程存在较大差异,主要表现在反向冲击时后气室的排气行程大幅增长,减去了压缩

行程,同时前气室的排气行程相应增长。本文以 CJ-130 型双向气动潜孔锤的配气结构形式为例,研究了其双向冲击机构配气行程的设计方法,计算了各段配气行程长度与结构行程的比例关系,为该结构形式的双向气动潜孔锤的系列化提供了依据。同时为其他结构形式的双向气动潜孔锤设计提供了启示和参考。

参考文献:

- [1] 程良奎,范景伦,韩军. 岩土锚固[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [2] 彭视明,等. KCM130 型可控气动冲击矛及附件的研制[J]. 建筑机械,2002,(7):40-42.
- [3] 苏冬九. CJ-130 型双向气动潜孔锤的研制[D]. 湖南长沙:中南大学,2008.
- [4] 陈玉凡,朱祥. 钻孔机械设计[M]. 北京:机械工业出版社,1986.
- [5] 张国忠. 气动冲击设备及其设计[M]. 北京:机械工业出版社,1991.
- [6] Bender, Orszag. 高等应用数学方法[M]. 北京:科学出版社,1992.
- [7] 石博强,赵金. MATLAB 数学计算与工程分析范例教程[M]. 北京:中国铁道出版社,2005.
- [8] 楼顺天,等. MATLAB 程序设计语言[M]. 陕西西安:西安电子科技大学出版社,1997.
- [9] 熊青山,彭振斌,殷琨. 潜孔锤结构参数优化——遍历法[J]. 凿岩机械气动工具,2004,(2):42-45.

(上接第 28 页)



(a) 打捞上的钻头脱落合金



(b) 打捞上的孔底其它金属落物

图 3 新型磁力打捞器打捞出的孔底落物实物

2011 年 4 月,在山东蒙阴县进行供水井施工时,在下表层套管的过程中,不慎将下管卡瓦上的固

定销掉入井孔,及时运用新型磁力打捞器,配合泥浆清孔,一次下钻打捞成功。

5 结语

新型磁力打捞器集清孔与打捞功能于一体,具有加工工艺简单,操作方便,打捞效率高、成本低的特点,具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 邓昌松,练章华,郑建翔,等. 九龙山某井气体钻井技术及事故处理实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(10):23-25.
- [2] 陈鑫发,牛建设. 空气潜孔锤钻进技术在豫西抗旱找水打井施工中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(10):37-39.
- [3] 李粤南. 深部孔段卡、埋钻事故防治对策的探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(9):2-5.
- [4] 王建明. 一种提前预测孔内事故的新技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(8):10-12.
- [5] 庞志刚. 钻探凿井中常见问题的预防及处理[J]. 山西建筑,2012,38(13):99-101.
- [6] 刘家荣,王建华,王文斌,等. 气动潜孔锤钻进技术若干问题[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):40-44.