

岩心钻探用内置式吊锤的研制与应用

马映辉¹, 范记林², 泽旺多吉¹, 马志强¹, 贾宏福¹, 袁芳¹

(1. 四川省第三地质大队金钻公司, 四川 成都 611743; 2. 四川省第八地质大队, 四川 西昌 615000)

摘要: 研制并加工出了一种结构简单、安全可靠的内置式吊锤, 解决了动力头式钻机使用吊锤受钻机空间限制无法适配的难题。介绍了其设计思路、结构原理、操作方法、安全操作注意事项和现场应用情况。实践表明, 该工具可以有效处理上部套管或钻杆被卡、埋事故, 也可配合其他孔内事故处理工具进行深部套管或钻杆被卡、埋事故的处理。其不仅适用于动力头式岩心钻机, 亦可适用于立轴式钻机等。该工具自2017年内部应用以来, 累计成功处理被卡套管或钻杆600余米, 成效较显著, 为动力头钻机配套使用的绳索取心钻具被卡事故处理提供了新的解决方案, 尤其对便携式钻机发挥绿色勘查作用是一种有益补充。

关键词: 卡钻; 内置式吊锤; 工程勘察; 便携式钻机; 绿色勘查

中图分类号: P634; TE921 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-9686(2023)S1-0405-05

Development and application of a built-in hanging hammer for core drilling

MA Yinghui¹, FAN Jilin², Zewangduoji¹, MA Zhiqiang¹, JIA Hongfu¹, YUAN Fang¹

(1. Jinzuan Com., the 3rd Geological Brigade of Sichuan, Chengdu Sichuan 611743, China;

2. The 8th Geological Brigade of Sichuan, Xichang Sichuan 615000, China)

Abstract: A safe and reliable built-in hanging hammer of simple structure is developed, which solves the problem that the hanging hammer cannot be applied in power head drilling rig due to space limitation. The design idea, structure principle, operation method, precautions for safe operation and field application are introduced. The practice shows that the tool can effectively deal with the casing or drill pipe stuck or buried in the upper hole and also can cooperate with other tools to deal with the casing or drill pipe stuck or buried in the bottom hole. The tool is not only suitable for power head core drill, but also for vertical-type drilling rig. Since applied by our company in 2017, the tool has successfully dealt with more than 600 meters of stuck casings or drill pipes, which produces a marked effect. The tool provides a new solution for handling the stuck wireline core drilling tool used in the power head core drill, especially provides a useful supplement for portable drilling rig to play a role in green exploration.

Key words: sticking of drill tools; built-in hanging hammer; engineering investigation; portable drilling rig; green exploration

0 引言

吊锤是一种钻孔孔内事故处理工具, 利用其上下震击作用, 可实现钻孔内套管或钻杆被卡时解卡目的。另外, 在施工工程勘察浅孔时, 吊锤也常用于将无法顺利下到位的孔口管锤击到位。现有吊锤一般应用于立轴式钻机及其配套的普钻钻杆, 尤其广泛应用于施工浅孔的XY-1型或同等能力的工程勘察钻机。常规动力头式钻机和便携式动力头

岩心钻机由于受到空间限制, 一般无法应用^[1]。

目前, 动力头式钻机、便携式动力头钻机及绳索取心工艺已经普遍应用于地质勘探及工程勘察领域。对于大部分钻孔, 施工单位一般采用下套管的方式隔离复杂地层^[2]。钻孔结束后, 经常因坍塌掉块、缩径、岩粉沉淀和流沙等出现套管被卡、被埋事故^[3]。常用处理此类事故的方法有“冲”、“提”、“打”、“顶”、“扩”、“反”等^[4], 处理工具有公锥、母锥、

收稿日期: 2023-03-24; 修回日期: 2023-05-15 DOI: 10.12143/j.ztgc.2023.S1.064

第一作者: 马映辉, 男, 汉族, 1971年生, 工程师, 勘查技术与工程专业, 从事钻探工程技术与管理工作, 四川省成都市郫都区港通北三路260号, 727325209@qq.com。

引用格式: 马映辉, 范记林, 泽旺多吉, 等. 岩心钻探用内置式吊锤的研制与应用[J]. 钻探工程, 2023, 50(S1): 405-409.

MA Yinghui, FAN Jilin, Zewangduoji, et al. Development and application of a built-in hanging hammer for core drilling[J]. Drilling Engineering, 2023, 50(S1): 405-409.

可退式打捞矛、割刀等^[5-10]。立轴式钻机,尤其是施工工程勘察浅孔的立轴式钻机通常使用“打”的方法,即打吊锤处理此类事故,吊锤是此类钻机的标配工具。但采用动力头式钻机、便携式动力头钻机及绳索取心钻具的钻孔只能用自身油缸或借助专门的千斤顶做强力起拔处理,而千斤顶通常需要一定的安装空间,且一般不适用于斜孔。以上方法较单一且存在一定的安全隐患。

我单位自2016年起,大量引进便携式全液压钻机,该种类型钻机具有轻便、高效等特点,但钻遇复杂地层发生孔内事故后处理能力较弱^[11-15]。在浅孔中经常出现上部套管或钻杆被卡、埋事故,钻机自身不能有效处理,延长了工期且造成套管或钻杆的损失。基于此,我单位于2017年开始探索研制一种内置式吊锤,以适配于动力头式钻机及绳索取心钻具,尤其是为了适用于便携式钻机。

1 研制思路与技术方

1.1 研制思路

传统立轴式钻机使用的吊锤外径较大,使用时钻机后移,增大孔口上部操作空间,受力杆与孔口以上被卡套管或钻杆连接,吊锤套在受力杆上。而动力头钻机和便携式动力头钻机一般不能后移,孔口上方空间较小。对于便携式钻机而言,钻杆轴线与钻塔轨道外缘面距离更近,完全不能使用普通吊锤。动力头式钻机一般使用绳索取心钻杆,其具有内外平的优点,内置式吊锤正是利用这一优点,通过减小吊锤外径,增加吊锤长度,将其安装在钻杆内部,从而解决了使用普通吊锤空间不足的问题。

1.2 技术方案

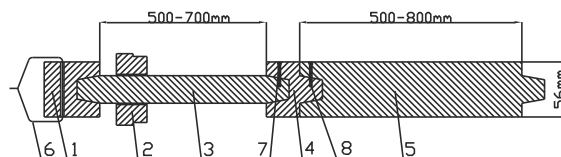
为实现以上思路,需要考虑吊锤的外径、长度、连接方式、辅助器具、安全性能和可操作性等。实现的技术方案如下:(1)测量常用各种规格套管和钻杆的内径;(2)寻找与套管和钻杆相匹配的不同外径吊锤体用材料;(3)以可操作性为主要依据确定单个锤体和牵引杆的长度;(4)以定位销钉实现牵引杆下端各部件连接的可靠性和安全性;(5)设置辅助支架,以实现吊锤的悬挂和牵引。

2 结构原理与使用方法

2.1 内置式吊锤结构组成

(1)主体部分。主体部分包括牵引杆上接头1、

承冲接头2、牵引杆3、牵引杆下接头4、锤体5和牵引绳6。结构示意图1,实物见图2。牵引绳与牵引杆上接头一端径向小孔连接。为方便使用时人工操作,可用6 mm 钢丝绳穿过牵引杆上接头径向小孔后打结成环,再用尼龙材质的较粗软绳与该环连接。牵引杆两端加工有丝扣,分别与牵引杆上、下接头连接。承冲接头中心有通孔,可套在牵引杆上自由滑动,承冲接头一端有丝扣,可与被卡或被埋在孔内的套管或钻杆连接。锤体由实心圆钢制成,两端均加工有丝扣(为方便操作,两端均使用了普通钻杆锁接头)。其一端可与牵引杆下接头连接。牵引杆下接头和锤体上端加工有螺栓孔,安装固定螺栓7、8,可防止震击时丝扣连接松脱。锤体另一端丝扣可与另一个相同锤体连接。为便于人工操作,确定牵引杆的最优长度为500~700 mm;单个锤体直径为56 mm,最优长度为500~800 mm。



1—牵引杆上接头,2—承冲接头,3—牵引杆,4—牵引杆下接头,5—锤体,6—牵引绳,7—牵引杆下接头固定螺栓,8—吊锤固定螺栓

图1 吊锤主体部分组成示意



图2 内置式吊锤实物

(2)辅助支架。受场地影响,牵引绳可能在任意方位,原有桅杆若受到牵引过程产生的力矩可能对自身造成损害,故额外设置辅助支架,以安装滑轮,方便悬挂和牵引吊锤(见图3)。辅助支架为组合式“门”字形结构,也可根据钻孔场地情况和钻孔倾角等,使用钢管灵活搭建。

2.2 内置式吊锤工作原理

用于一般钻孔时(倾角 $45^{\circ}\sim 90^{\circ}$),通过人力拉动牵引绳上击、自重下击,使锤体通过承冲接头对被



图3 吊锤使用示意

卡钻具的反复上下震击,使挤夹物被击碎或使被卡钻具逐渐松动并能缓慢上下移动,直至达到完全解卡目的。用于水平、近水平钻孔时(倾角 $0^{\circ}\sim 45^{\circ}$),只能实现向上(向外)击打,完成一次击打后将牵引杆推入钻具内再实施第二次击打。

吊锤是靠震击作用来消除事故钻具的阻力,其对被卡钻具的震击力越大,对解卡就越有利。通过适度增加锤体数量和人力可尽量提高使用效果。

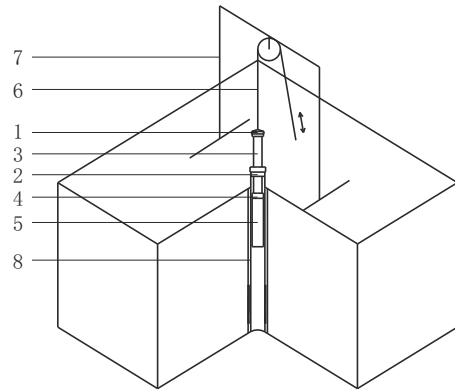
2.3 内置式吊锤使用方法

(1)使用方法。根据场地情况,安装或搭建好辅助支架,组装好内置式吊锤各部件后,将牵引绳穿过辅助支架上的滑轮,牵引绳自由端固定在钻机前方或后方场地,或由人工拖拽。将吊锤体放进孔口以上事故钻具内部,将承冲接头与事故钻具上端连接,然后重复下拉和释放牵引绳自由端,即可实现对被卡在孔内的事故钻具的上下震击,最终达到解卡目的。使用示意图见图4。

(2)安全注意事项。①场地较小时应尽量清理出一块场地,以确保安全和便于操作。②使用前应将辅助支架、吊锤部件连接牢固,防止吊锤松脱掉落。使用时应专人指挥,统一操作。③使用的牵引绳应结实可靠,防止拉断。可将一根绳子系在手持端以上部位和支架顶部之间,以避免下拉过程中牵引绳断裂后人员猛然着地受伤。④打完吊锤后的钻杆或套管,可能因震动出现松扣或倒扣,提钻前,要先转动上紧丝扣,预防脱扣跑钻。另外,对吊锤也要检查,及时更换损坏的部件。

2.4 内置式吊锤与普通吊锤的对比

与普通吊锤相比,研制的内置式吊锤具有以下创新之处与优点:(1)其结构形式不但适用于动力头



1—牵引杆上接头,2—承冲接头,3—牵引杆,4—牵引杆下接头,5—锤体,6—牵引绳,7—支架,8—被卡事故套管

图4 内置式吊锤使用示意

式,而且适用于立轴式钻机。适用于不同口径套管和绳索取心钻杆被卡事故的处理。(2)结构简单安全可靠,可适用于倾角 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 钻孔。而普通吊锤一般用于 90° 钻孔。(3)通过改变吊锤长度来调节吊锤的总重量,可实现调节震击力度。(4)采用小直径长吊锤,吊锤工作时在钻杆或套管内上下运动,有效降低了处理孔内事故的安全风险。二者对比见表1。

表1 普通吊锤与内置式吊锤对比

项目	普通吊锤	内置式吊锤
吊锤数量/个	1	1~5(可增减)
锤体重量/Kg	75/100/150/200	25(可调整)
锤体长度/cm	40	60(可调整)
锤体外径/cm	30	5.6
能否组合	不能	能

内置式吊锤的缺点:(1)浅孔内,吊锤的震击力可很快传导至事故钻具的受阻部位。震击力在沿程损耗少,事故钻具受到的震击力大。经验表明,其处理事故钻具的深度在150 m以内为宜,一般不单独适用于深孔套管或钻杆被卡、埋事故处理;(2)被卡钻杆或套管出露在孔口的一端丝扣必须完好,以便与承冲接头连接。(3)需要人力操作,操作灵活但人工劳动强度稍大,尚有改进为机械操作的空间。

3 试验与现场应用情况

该工具自2017年加工制作后,我单位内部机组已在大量钻孔应用,有较多成功案例。同时,个别合作单位也仿照加工并在孔内事故处理中取得一定效

果,现列举如下:

3.1 矿产勘探项目

四川金川李家沟锂辉石矿处于松潘—甘孜造山带,构造十分发育,钻孔钻遇岩石主要有闪长岩、角闪岩和花岗岩等,部分钻孔钻遇长段破碎带,孔内事故频发。该矿区某钻孔设计倾角 75° ,终孔深度292 m。由于上部地层较破碎,套管下至140 m。钻孔结束后孔内套管被卡。使用内置式吊锤反复震击,2 h后套管完全解卡,此后成功回收全部套管。

3.2 工程勘察项目

(1)川藏铁路勘察泸定工区某垂直钻孔。新建川藏铁路勘察项目环保要求极高,大量钻孔点位很难进入^[15]。我单位大量使用便携式钻机开展钻探施工。在浅孔施工过程中,由于上部覆盖层松散易塌,经常发生终孔后套管被卡或被埋事故。施工机组在使用钻机自身油缸处理无效后,多次成功应用了内置式吊锤。大渡河特大桥勘察期间,某钻孔终孔孔深220 m,使用EP600型钻机施工。该孔上部为松散的碎石类土,钻进至60 m遇较完整基岩后下入HTW套管。此后仅用3 h时间即钻进至设计深度。因测井单位原因停待2 h。测井结束后起拔套管,发现孔内60 m HTW套管被卡,钻机油缸处理无效。随后使用内置式吊锤震击,3 h后成功解卡,套管全部回收。

(2)川藏铁路康定某隧道勘察近水平孔。该钻孔设计倾角 11° ,终孔孔深520 m,使用EP600PLUS型钻机施工。该孔钻遇岩石主要为花岗岩。岩石基本呈碎块状态,碎块硬度大、可钻性差。其中35~362 m段花岗岩岩心破碎、极破碎,该段内平均RQD值仅为7.5%。为保护孔壁,靠钻机最大能力将HTW套管下至189 m。钻孔结束后,孔内HTW套管被卡,钻机强力起拔导致底座变形。随后,使用NTW钻杆连接水压割刀下至180 m割断套管,提钻,再提套管,依然无法拔出。再次下割刀至160 m,开泵割断后,提钻,起拔较困难。然后使用内置式吊锤震击,起出2 h后使用钻机油缸起拔,套管解卡,成功拔出剩余套管。

(3)云南云泸高速公路笔峰山隧道地热调查水文钻孔。该孔设计深度390 m,设计倾角 90° ,施工主要目的是查明地下水及地温等情况。施工设备为EP600PLUS型钻机。采用PQ口径钻具开孔,后换HTW钻具取心钻具。由于该孔位于断层破碎带

上,根据前期施工经验,采用“HTW钻具钻进→PQ套管扩孔跟进→HTW钻具钻进→PQ套管扩孔跟进”交替循环的方法钻进和逐步跟进套管,拟跟进套管至钻机最大施工能力为限。前期,施工进展较慢,每班进尺数米至十余米不等。当PQ套管跟进至51 m后,继续钻进至孔深60 m,暂停钻进准备扩孔跟进套管(PQ钻杆当套管)。首先,尝试起拔、转动PQ套管使其松动,缓慢上提0.8 m后,再不能上下活动或转动,套管被卡死。采用双油缸后起拔依然无法解卡。随后,机组人员安装内置式吊锤及其附件开始向下击打0.6 m,然后再向上震击,套管缓慢向上运动,约半小时内起出套管6.5 m后,剩余部分完全解卡。然后开始扫孔、扩孔至60 m。此后继续钻进、扩孔、跟套管至66 m,阻力较大,停止跟进PQ套管。换HTW口径钻进至411 m终孔,钻进用时28 d。随后开展综合测井、水文试验等试验测试耗时10 d。试验测试结束后PQ套管被卡在孔内,安装好支架和吊锤后,机组7人用时4.5 h,起出套管约20 cm,随后使用钻机缓慢上下活动和转动,最终起出全部套管。使用现场见图5、图6。



图5 内置式吊锤使用现场



图6 内置式吊锤使用现场

3.3 实践经验总结

(1)内置式吊锤各部件必须连接牢固,防止震击期间锤体松动掉落。初期曾发生锤体掉落问题。例如,某钻孔结束后52 m套管被卡,使用其处理。缓慢起出1根套管(1.5 m)后,其余套管完全解卡,取出内置式吊锤后发现最下部一根锤体掉落遗留孔内。后期,采用螺纹丝扣胶、加大上紧力等方式后再未发生同类问题。

(2)由于便携式钻机机组人数通常较少,一般只有6~8人,实际操作时,连接的锤体一般有4~6个。若现场可用人力较多时,可适当增加锤体数量,以提高震击的效果。

(3)安装好吊锤试打时,若被卡套管或钻杆有轻微移动,则可持续击打,一般缓慢起出数十厘米至数米后其余部分即可完全解卡;若套管或钻杆纹丝不动,则应尝试其他工具或与其他工具配合使用。

(4)内置式吊锤适用的钻孔倾角范围广,可在 0° ~ 90° 度钻孔使用。当倾角过小,锤体无法靠自重落下时,可手动将其置于下限位置。

4 社会效益和经济效益

4.1 社会效益

该工具的产生,为钻探行业增加了一种孔内卡钻、埋钻事故处理工具。具有以下社会效益。

(1)为便携式钻机、动力头式钻机提供了一种适用的吊锤。为卡钻、埋钻事故处理提供了一种有效的工具和方法。对于便携式钻机发挥绿色勘查作用是一种有益的补充^[16]。

(2)使用该工具可避免钻机强力起拔对自身的不利影响、对底座的损坏,减少了处理过程存在的安全隐患。处理成功后孔内无残留的状态也利于后期工程建设。

(3)该工具结构简单、实用性强,易于推广应用,有利于钻探行业内各单位处理相应事故。

4.2 经济效益

使用内置式吊锤成功解卡事故钻具的直接效益就是挽回了钻具(套管)损失。以泸定某钻孔为例,捞出套管60 m,套管(HTW钻杆)单价500元/m,挽回损失30000元。

经我单位内部统计,自2017年以来,该工具累计成功处理被卡套管约600 m,挽回损失约30万元。

5 结语

研制的内置式吊锤以传统吊锤为参考,是一种全新的事故处理工具,具有一定的新颖性、可靠性和实用性。解决了动力头式钻机配套使用绳索取心钻具时无法使用传统吊锤的难题。为动力头钻机配套使用的绳索取心钻具被卡事故处理提供了新的解决方案,尤其是适用于便携式钻机,对便携式钻机发挥绿色勘查作用是一种有益补充。经实践证明,该工具结构简单可靠、便于施工单位加工制作、成本低、操作使用安全性高,具有较高的推广应用价值、具有良好的社会 and 经济效益。

参考文献:

- [1] 王达,何远信.地质钻探手册[M].长沙:中南大学出版社,2014.
- [2] 翟东旭.豫东地区中深孔厚覆盖地层钻探套管护壁和泥浆护壁效果对比[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(8):6-9,17.
- [3] 孙建华,刘秀美,王志刚,等.地质钻探孔内复杂情况和孔内事故种类梳理分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(1):4-9.
- [4] 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.
- [5] 魏纳,李蜀涛,陈亮,等.AD401-7井定向井卡钻复杂事故的处理及分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(4):10-16.
- [6] 张英传,翟育峰,王年友.可退式捞矛在深孔钻探事故处理中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(5):31-33.
- [7] 刘宪全,李效生,张礼飞.地质钻探用震击安全接头的研制及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(7):62-65,77.
- [8] 刘一帆,苏醒,范垂言,等.土耳其天然碱矿水平对接井井下事故预防与处理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(8):72-76.
- [9] 段晓,皮建伟,顾科伟,等.水力割刀在岩心钻探烧钻事故处理中的应用[J].钻探工程,2022,49(3):118-122.
- [10] 聂新明,钱迪.东庞矿奥灰含水层多分支水平孔卡埋钻事故处理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(11):38-42.
- [11] 吴金生,李子章,李政昭,等.绿色勘查中减少探矿工程对环境影响的技术方法[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(10):112-116.
- [12] 马映辉,贾宏福,李成志,等.某铁路勘察近水平孔取心钻探施工技术[J].地质与勘探,2021,57(1):190-197.
- [13] 孙之夫,游鲁南,王林钢,等.黄金地质绿色勘查方法与实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(4):1-6.
- [14] 刘蓓,寇少磊,朱芝同,等.便携式模块化钻机在绿色地质勘查工作中的应用实践[J].钻探工程,2022,49(2):30-39.
- [15] 周福军,杜世回,孟祥连,等.高原山区铁路勘察多角度钻探和测试技术研究[J].铁道工程学报,2021,279(12):1-6.
- [16] 马映辉,贾宏福.绿色工程勘察钻探实施方案探索及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(11):29-36.

(编辑 王文)