

# 岩心钻探振动拔管器的研制及在卡埋钻处理中的应用

宋继伟, 冉飞\*, 田鹏辉, 方青, 朱斗圣

(贵州省地质矿产勘查开发局一一二地质大队, 贵州安顺 561000)

**摘要:**卡埋钻事故是矿产资源勘查岩心钻探最难处理的事故,传统的强拉、强顶、强扭、反丝钻杆反取等处理方式,处理成功率均极低,且程序繁琐,耗时、耗力、耗成本。为解决卡埋钻事故处理难题,研制了振动拔管器。使用时,将该机具安装在孔口钻杆上,通电即产生高频高压振动,然后用钻机主卷扬向上提拉振动拔管器+钻杆连合体,通过提拔+振动联合作用,实现解除卡阻。振动拔管器坚固耐用、操作方便、成本低廉,在钻探现场应用处理卡埋钻事故数十次,成功率达90%以上,具有极大的推广应用价值。

**关键词:**岩心钻探;卡埋钻事故;振动拔管器;孔内事故处理

**中图分类号:**P634.8 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-9686(2024)S1-0187-04

## Development of vibration pipe puller and its application in dealing with stuck and buried drilling in core drilling

SONG Jiwei, RAN Fei\*, TIAN Penghui, FANG Qing, ZHU Dousheng

(112 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province, Anshun Guizhou 561000, China)

**Abstract:** The stuck drill accident is the most difficult accident to handle in mineral resource exploration core drilling. Traditional methods such as strong pulling, strong jacking, strong twisting, and reverse drilling of drill rods have extremely low success rates, and the program is cumbersome, time-consuming, labor-intensive, and cost-effective. To solve the problem of handling stuck drilling accidents, a vibration pipe extractor has been developed. When in use, the machine is installed on the drill pipe at the orifice, and when powered on, high-frequency and high-voltage vibration is generated. Then, the main winch of the drilling rig is used to pull up the vibration pipe puller+drill pipe combination, and through the combined effect of lifting+vibration, the blockage is relieved. The vibration pipe extractor is sturdy, durable, easy to operate, and cost-effective. It has been applied to deal with dozens of stuck drilling accidents on drilling sites, with a success rate of over 90%, and has significant promotion value.

**Key words:** core drilling; stuck drill accidents; vibration tube extractor; handling of accidents inside drilling holes

### 0 引言

卡埋钻事故是矿产资源勘查岩心钻探最难处理的事故<sup>[1-4]</sup>。卡埋钻事故发生后,处理程序一般如

下:首先是使用钻机的主卷扬、油缸和回转器进行强拉、强顶、强扭,处理成功的几率极低;然后是使用专用的千斤顶强顶<sup>[5]</sup>,处理成功的几率同样极低;

收稿日期:2023-08-28;修回日期:2024-04-07 DOI:10.12143/j.ztgc.2024.S1.027

**基金项目:**贵州省科技计划项目“贵州省岩溶地区复杂地层岩心钻探关键技术难题综合研究”(编号:黔科合支撑[2023]一般173号);贵州省地矿局地质科研项目“贵州省优势矿产资源勘查岩心钻探关键技术难题综合研究”(编号:黔地矿科合[2022]4号)、“地质勘查岩心钻探新型式钻机的引进及改良设计研究”(编号:黔地矿科合[2023]6号);贵州省地矿局科技创新人才团队“贵州省优势矿产资源深部钻探技术科技创新人才团队”(编号:黔地矿科合[2022]TD002号)

**第一作者:**宋继伟,男,汉族,1982年生,研究员,地质工程专业,博士,长期从事钻探工程管理和技术研究工作,贵州省安顺市西秀区西水路57号,343219784@qq.com。

**通信作者:**冉飞,男,汉族,1990年生,工程师,长期从事钻探工程管理和技术研究工作,贵州省安顺市西秀区西水路57号,617421954@qq.com。

**引用格式:**宋继伟,冉飞,田鹏辉,等.岩心钻探振动拔管器的研制及在卡埋钻处理中的应用[J].钻探工程,2024,51(S1):187-190.

SONG Jiwei, RAN Fei, TIAN Penghui, et al. Development of vibration pipe puller and its application in dealing with stuck and buried drilling in core drilling[J]. Drilling Engineering, 2024, 51(S1): 187-190.

继而是使用反丝钻杆多次反取孔内钻杆<sup>[6-9]</sup>；最后是使用磨孔钻头消灭孔底剩余钻具或者下入偏斜器进行偏斜钻进。整个处理流程下来,时间短则十余天、多则数月,同时伴随产生高额的人工、油料、材料成本,但是即便如此,往往仍是无法完全处理好,最终造成钻孔报废移孔<sup>[10]</sup>。卡埋钻事故开始进行强拉、强顶处理阶段,孔底钻杆钻具承受的是静摩擦力,在这种情况下,再强的提拔力效果都非常差;如果能在对钻杆施加提拔力的同时辅以一定的振动,将孔底钻杆钻具承受的静摩擦力变为动摩擦力,将会极大改善处理效果<sup>[11-12]</sup>,这就是“打吊锤”处理卡埋钻事故的基本原理。小型岩土工程勘察钻机,由于钻孔浅、孔内钻杆重力轻、主卷扬单绳速度快等原因,使用“打吊锤”方式处理卡埋钻事故非常普遍,且基本都能够成功。而矿产资源勘查由于钻孔深、孔内钻杆重力大、主卷扬采用多绳受力等原因,提引器上升速度非常慢,导致钻机本身不能“打吊锤”,这是深孔岩心钻探卡埋钻事故处理的主要难点。因此,研发适于矿产资源勘查深孔岩心钻机使用的便捷式自动“打吊锤”装置,具有重要的实际应用价值。基于此,研制了“振动拔管器”,该机具安装在孔口钻杆上,工作时可产生强力震击,实现“打吊锤”效应,配合主卷扬向上提拉,可实现轻松快捷处理卡埋钻事故。

## 1 振动拔管器的研制

### 1.1 设计思路

设计思路主要考虑两个方面:一是首先考虑寻找类似功能的机具,以其为基础进行改良设计,实在找不到合适的改良基础的情况下,再考虑从无到有的研发;二是所改良设计的机具一定要实现“即插即用”,即运到钻探现场后,使用简单,不需增加其它辅助设备。在这两个前提下,先后选用了“绳索取心液动潜孔锤”、“大口径钻孔空气潜孔锤”、“挖掘机破碎锤”、“工程桩拔管弹簧振动锤”4种能产生振动的类似机具进行改良考虑。

经充分研究分析:以“绳索取心液动潜孔锤”、“大口径钻孔空气潜孔锤”、“挖掘机破碎锤”3类机具为基础进行改良,具有功能难以实现、机具结构复杂易损坏、振动力弱、需添加附属设备(液压泵、空压机)等显著缺点<sup>[13-16]</sup>,均被否定。只有“工程桩拔管弹簧振动锤”应用原理与需求几乎完全一样,

区别仅在于所拔管材口径、材质、埋置深度等方面,只要对这些因素充分考虑继而进行改良,应能实现所需功能。同时,该机具采用电动,钻探现场均配备有发电机,因此满足“即插即用”、不需要附属设备的要求,是最完美的改良基础。

### 1.2 选型改良

选型的最主要的考虑因素是振动力,工程桩拔管弹簧振动锤拥有TDZ02~TDZ120系列产品,振动力分别为15~765 kN。工程桩孔深一般很浅(几米~数十米),所使用的管材具有管径大、管壁厚、材质硬度低、韧性好的特点,多选用大振动力的振动锤,往往使用150 kN以上的产品。矿产资源勘查岩心钻探钻孔一般较深(百米~千米),所使用的绳索取心钻杆具有管径小、管壁薄、材质硬度高、韧性较差特点,这类管材不能承受大的震击力,在承受大的震击力时容易出现钻杆接箍变形、脆断等问题,所以应选用小振动力的振动锤,但是由于钻孔深度大,过小的振动力传递到孔底,会因为大量的沿程损失而变得极其微弱,因此也不能选用振动力过小的振动锤。在与钻杆生产厂家充分沟通,掌握绳索取心钻杆材质性能的基础上,综合考虑,最终选定TDZ07型(振动力50 kN)弹簧振动锤作为改良的基础。

主要做了两方面改良。一是为适应岩心钻机孔口的狭窄空间,将振动锤箱体的前后厚度变薄。TDZ07型弹簧振动锤原厚度为80 cm,改良后厚度为60 cm,适于主流钻机孔口安装。但是箱体变薄以后,也带来一定的负面效应,就是箱体宽度和高度变大,主要原因是随着箱体厚度变薄,箱体内偏心甩块厚度也相应变薄,为保持原有的振动力,必须加长偏心甩块以保证重力,即导致箱体宽度和高度整体增加。二是将弹簧振动锤顶部的弹簧全部去掉,换成高强度的钢架提篮。工程桩拔管所使用的弹簧振动锤振动力巨大,会对上面的提拉装置造成危害,因此设计了4根弹簧用于减震缓冲。岩心钻探所使用的振动锤振动力较小,且上面均采用钢丝绳柔性提拉,因此振动力对上部提拉装置的危害不大,弹簧可有可无;同时,岩心钻探孔内钻杆质量大(几吨~二三十吨),希望振动锤提拉装置能承受大于钻杆重力的提拉力,原有的4个弹簧仅能承受不超过35 kN拉力,远远达不到需求。基于上述因素考虑,将原有弹簧去掉,设计改制成钢架提篮,提

篮可承受200 kN拉力,满足2000 m深度 $\varnothing 71$  mm钻杆或者1500 m深度 $\varnothing 89$  mm钻杆重力需求。机具改良完成后正式定名为振动拔管器(样机见图1)。



图1 振动拔管器实物

### 1.3 机具原理

振动拔管器利用电机带动两组偏心甩块作相反方向的转动,它们产生的横向离心力相互抵消,而垂直方向的离心力相互叠加,依靠偏心轴的快速旋转,使整个系统产生上下方向的垂直振动,配合外部施加的提升力,达到振动拔管的目的。

核心机构为“振动器”,振动器由电机、箱体、偏心甩块、主动轴、从动轴、齿轮等组成。动力由电机经三角带传给箱体内的主动轴,再经齿轮带动被动轴。两轴上分别对称装有两组偏心甩块,两轴作等速反向旋转时,带动偏心甩块旋转,使整个系统产生上下方向的垂直振动。

### 1.4 适用工况

适用于XY-2、XY-4、XY-5、XY-6、XY-8、CS14、CSD1800、CSD3000型钻机或其它类似结构及同等能力的钻机岩心钻探过程中卡埋钻事故处理。卡埋钻事故发生后,迅速(当天)使用该机具进行震击拔管处理,效果极好,如已使用其它措施处理耽搁较长时间以后,再使用该机具处理,效果较差。卡埋钻事故发生过程中,当班操作人员在发现回转负荷重、泥浆泵憋压、提升阻力大等卡埋钻征兆时,如能采取措施,强行将钻具提离孔底一定高度使钻具悬空下部留有少许空间,使用该机具进行震击拔管处理时,效果更好。

不适用于XY-100、XY-200型岩心钻机:一是这种小型号岩心钻机使用单绳卷扬,这种卷扬自身即可以高速提拉其它小型重锤进行打吊锤操作;二是这种小型号钻机所用的卷扬提升力非常小,使用振动拔管器会使效果大打折扣。

除用于处理卡埋钻事故以外,该机具还可用于钻孔终孔后孔内技术套管的起拔。这种工况时,孔内套管一般下入深度浅、质量轻、卡埋阻力小,因此振动起拔非常轻松。

### 1.5 操作方法

使用时用钻机主卷扬连接振动拔管器顶部U形环,将机具提至孔口;用法兰盘和变丝接头将机具与孔口钻杆连接,主卷扬稍微绷紧;通电,机具开始运转,初始振动较轻微,几秒后转为正常工作状态,振动强烈;机具振动一定时间后(半分钟~几分钟,视孔内卡埋钻严重程度而定),主卷扬逐步加力提升,加力过程要柔和连续,直至提升力加至略大于孔内钻杆重力时,暂停加力,短暂保持该状态后,即可继续加力提升,至此,在振动和提拉联合作用下,卡埋钻事故一般能处理成功。使用过程中,安排一人专门控制振动拔管器电源,该人随时观察机具孔口工作状态和电源控制柜内电流表数据,发现孔口可能发生安全问题时(比如钻塔晃动严重、钢丝绳绷断、连接螺栓崩断等),或者发现电流频繁大于14.5 A时,要及时切断电源,停止机具工作,避免安全事故发生和机具损坏。

孔内情况较好时,孔口钻杆连接振动拔管器之前,可先在钻杆上接一个侧开水口的接头,通过该接头的侧开水口连接泥浆泵高压管,然后再将机具法兰盘与这个接头连接。此时,工作过程中,振动、提拉、憋压(串流)多种作用同时发力,处理成功率更高。

## 2 应用案例

贵州省盘州市响水煤矿B020钻孔,2022年11月18日,钻进孔深498 m,钻孔口径76 mm,使用 $\varnothing 71$  mm绳索取心钻杆,地层为飞仙关组灰岩,破碎垮塌漏失严重,孔内不返浆,在破碎掉块和沉积岩粉的作用下,发生卡埋钻,强顶强扭20多个小时处理不起来。11月19日上午,使用振动拔管器,机具安装上去后,工作仅2 min不到,在强力的振动和提拉作用下,就被卡埋钻具提起,处理成功。

贵州省福泉市鸡公岭磷矿水文地质补充勘探B004号水文孔,2022年12月2日,孔内抽水试验结束后,下置在孔内的水泵被钻孔缩径垮塌卡在400 m深度提不上来,水泵上部连接钻杆为260 m长度 $\varnothing 89$  mm绳索取心钻杆+140 m长度 $\varnothing 114$  mm绳索取心钻杆。12月3日,使用振动拔管器,机具安装上去后,工作3 min,水泵被卡位置松动,开始向上提升。由于上部有大段裸孔,水泵提升过程中多处遇阻,这时将振动拔管器作为连续提升装置,边振边提,持续工作5 h,将孔内水泵和钻杆全部取出,处理成功。

振动拔管器在其它钻孔应用处理卡埋钻事故成功的案例还有很多。通过应用,证实以下几个方面:一是该机具处理卡埋钻事故成功率非常高;二是该机具“即插即用”,操作简单,且安全性极高;三是该机具坚固耐用。

### 3 思考与建议

振动拔管器虽然处理卡埋钻事故成功率极高,但是也有两次处理千米以上深孔卡埋钻失败。总体来说,随着钻孔深度的增加,孔内钻柱体系重力越来越大、长度越来越长,面对过大的重力和过长的沿程损失,50 kN的震击力显得越来越力不从心。下一步将尝试制作更大震击力的振动拔管器,用于更深钻孔卡埋钻事故的处理。但是震击力不是能无限增加,因为绳索取心钻杆的材质特性限制了其对震击力的承受能力,过大的震击力会造成钻杆接箍变形或断裂而适得其反,这是一对显著的矛盾,因此振动拔管器的震击力必须与钻杆的材质特性相匹配。今后,随着绳索取心钻杆材质性能的提升,辅以更加强力的振动拔管器,相信岩心钻探卡埋钻事故处理难题最终会被彻底攻克。

### 4 结语

卡埋钻事故是矿产资源勘查岩心钻探最难处理的事故,传统的静力起拔方式效果极差,如在起拔的同时辅以振动,则会处理效果很好。基于此原理,研制了岩心钻探卡埋钻事故处理专用机具——

振动拔管器,并成功试用。结果显示,应用振动拔管器处理千米以内深度钻孔的卡埋钻事故效果极佳。同时,振动拔管器还可广泛应用于钻孔内上部孔段的技术套管的起拔,效果更佳。今后,伴随绳索取心钻杆材质性能的提升,将会继续研制更大震击能力的振动拔管器,用于处理更深钻孔的卡埋钻事故。该机具具有极大的现场实用推广价值。

### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 李健,夏媛媛,刘思聪.关于埋钻事故在钻探工程中的总结[J].甘肃冶金,2014,36(1):83-85.
- [4] 刘振新,翟育峰,徐志权,等.小秦岭整装勘查区综合普查钻探技术[J].钻探工程,2023,50(3):37-43.
- [5] 刘炳志,王英.千斤顶在钻井事故处理中的应用[J].中国煤炭地质,2011,23(6):69-70,74.
- [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] 石逊,刘江,李红梅,等.水平分支注浆孔卡埋钻事故处理实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(9):33-38.
- [8] 吴金生,贾军,段玉刚,等.汶川地震断裂带科学钻探项目钻探事故预防与处理技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(9):49-52,65.
- [9] 代万庆,赵汉伟.水敏性地层“粘附卡钻”事故的分析与处理[J].矿产勘查,2022,13(7):967-974.
- [10] 宋继伟,蒋国盛,苏宁,等.贵州省复杂地层地热深井钻探工艺[J].地质与勘探,2018,54(5):1024-1037.
- [11] 聂新明.处理钻探孔内埋钻事故“气动”方法及实际应用[J].化工矿产地质,2020,42(2):162-169.
- [12] 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.
- [13] 苏长寿,谢文卫,杨泽英,等.系列高效液动锤的研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(3):27-31.
- [14] 王建华,苏长寿,左新明.深孔液动潜孔锤钻进技术研究与应用[J].勘察科学技术,2011,38(6):59-64.
- [15] 杨宽才,田敏,曾石友,等.绳索取心液动潜孔锤钻进技术在小秦岭金矿区的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(2):40-43.
- [16] 卢予北.小秦岭复杂地层液动绳索取心钻探试验研究[J].地质与勘探,2014,50(2):391-396.

(编辑 王文)