

绳索取心冲击回转钻具组合设计及应用试验

廖国平¹, 刘国经², 李胜达¹, 谢龙诚³, 高红³

(1. 云南国土资源职业学院, 云南昆明 650217; 2. 昆明国经岩土钻掘技术研究所, 云南昆明 650216; 3. 云南南方地勘工程有限公司, 云南大理 671000)

摘要:绳索取心冲击回转钻具是将绳索取心和冲击回转两种钻进工艺的优势进行叠加设计出的新钻具, 该钻具对提高钻探生产效率和施工质量有显著的效果。通过设计及应用试验, 发现了内管总成的“漂浮现象”及原钻具内管总成的“减振效应”对两种工艺组合应用影响的关键技术难题, 并采取了有效的解决方法, 为今后该技术的发展提供了参考。

关键词:绳索取心; 冲击回转; 绳索取心冲击回转; 内管总成“漂浮”; 岩心堵塞; 定位装置; 冲击功传递

中图分类号: P634.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2011)04-0031-05

Combination Design of Wire-line Coring & Percussive Rotary Drilling Tool and the Application Test/LIAO Guo-ping¹, LIU Guo-jing², LI Sheng-da¹, XIE Long-cheng³, GAO Hong³ (1. Yunnan State Land Resources Vocational College, Kunming Yunnan 650217, China; 2. Kunming Guojing Institute of Rock & Soil Drilling and Tunneling Techniques, Kunming Yunnan 650216, China; 3. The Southern Geological Exploration Co., Ltd., Dali Yunnan 671000, China)

Abstract: Wire-line coring and percussive rotary drilling tool is a new technology combined the advantages of wire-line and percussive rotary technology. It has obvious effect in improving drilling efficiency and construction quality. By the application test, the key technical problems affected the combination application were found: floating of inner assembly and damping effect of original inner assembly. The effective solving methods were adopted, which could be the reference for future development of this technology.

Key words: wire-line coring; percussive rotary; wire-line coring and percussive rotary drilling technology; floating of inner assembly; core blockage; location device; impact energy transfer

1 问题的提出

在钻探生产施工中, 每一项新工具和工艺的出现, 都不能完全解决所有存在的问题, 需要经过不断的改进、或和其它工具或工艺配套完善, 才能真正发挥其优势和作用, 并逐渐成熟地应用于生产和被施工人员所接受。

绳索取心钻进工艺的优点是: 纯钻进时间利用率高, 有利于提高台月效率; 钻杆和粗径钻具几乎同径, 减少了钻进过程中的掉块、垮孔现象, 非常有利于钻穿复杂地层; 钻具的横向振动轻微, 有利于保护岩矿心和提高钻头寿命。因此, 采用绳索取心钻进工艺能提高钻探生产效率和质量、降低生产成本和孔内事故的发生频率、减轻操作人员的劳动强度。

但绳索取心钻进工艺也存在着一些缺点: 钻头壁厚, 比普通钻头增加 26.8% ~ 36.6% (因型号不同有所差异), 克取岩石面积增加 21.4% ~ 28.7%, 使机械钻速下降, 部分抵消了提高时间利用率的作用;

尤其是在坚硬“打滑”地层中钻进, 打滑不进尺的现象更为严重。另一方面, 在破碎易堵的岩层中钻进时, 岩心堵塞问题无法避免, 即使是进口的性能好的绳索取心钻具, 仍然要频繁地打捞岩心, 也直接限制了生产效率的提高。

液动冲击回转钻进工艺的优点: 碎岩效率高, 在坚硬“打滑”地层中钻进时, 在冲击功的作用下, 孔底岩石表面粗糙度增加, 研磨能力增强, 从而使金刚石正常磨出利刃, 因而获得提高机械钻速的目的。还可有效地减少岩矿心的堵塞, 有效增加回次进尺长度和提高岩矿心采取率。

液动冲击回转钻进工艺也存在一些缺点: 与普通回转钻进工艺一样, 每个取心回次需要升降钻具, 纯钻进时间利用率不高。

以上两种钻进工艺都有显著的优势和不同的缺点, 如果把两种工艺的优势进行叠加, 优势互补, 合二为一, 定能获取更高的生产效率和生产施工质量。

收稿日期: 2010-09-03; 修回日期: 2011-03-02

基金项目: 云南省地质矿产局科技创新基金项目(200606)

作者简介: 廖国平(1958-), 男(汉族), 广东梅县人, 云南国土资源职业学院高级工程师、副教授, 钻探工程专业, 从事钻探工程教学与科研工作, 云南省昆明市经济技术开发区经二路, LGPKM@163.com。

2 解决思路

在绳索取心钻具的基础上,增加冲击回转钻进功能,通过设计专用的连接、传动和定位机构将两种钻具性能进行合并,利用钻具断面直径的变化、弹簧弹力、液体压力能量、物体重力、绞车拉力等作用原理,使新钻具实现投放、定位、钻进、提拉收缩打捞总成等一系列功能,变成一种新的钻进和取心工具,用于生产,从理论上来说是完全可能的。

3 国内外此技术的基本现状

液动冲击回转钻进技术设想始于19世纪的欧洲,直到20世纪50年代,美国、加拿大和苏联才研究出几种具有实用意义的液动冲击器。我国是在20世纪50年代末开始进行液动冲击回转钻进技术研究工作的,到60年代中期,设计出了7种不同结构形式的液动冲击器,陆续投入到钻探生产中进行试验;到了80年代中期才在地矿系统大力宣传、试验、推广。射吸式液动冲击器也出现在这一时期,该冲击器设计新颖、独特,投入到岩心钻探生产试验、推广应用后取得了非常显著的成果。

中国地质科学院勘探技术研究所于20世纪80年代末曾经研究过绳索取心冲击回转钻具,2007年研发成功新一代SYZX系列绳索取心液动潜孔锤,据相关文献介绍,近几年在生产中试验、推广的效果很好,取得了显著的技术和经济效果。

未查到国外在近几年有此类钻具的文献介绍。

4 预计可以实现的目标

改进后的绳索取心冲击回转钻具,在施工技术措施、设备、操作人员、岩层性质相似或相近似的情

况下(包括所有适合绳索取心和冲击回转钻进工艺的地层、孔深),钻进效率提高10%~15%,回次长度平均增加20%以上,采取率高于原来钻具,功能可靠、结构简单、操作人员易于掌握。

5 新钻具设计

5.1 钻具性能要求及设计方案

钻具连接后,整体性好,便于操作,保持原钻具性能。

5.2 定位机构性能要求

(1)内管总成的投放和打捞要顺畅;

(2)上、下定位可靠,在各种工况下都不能自行发生改变(钻具在通水与否、旋转、提升和下放钻具、钻具静止等状态下),并且在液动锤长时间的正、反向振动作用下不失效,而在打捞内管总成时又能顺利解除定位,提拉出内管总成;

(3)液流通道可靠,不堵塞。

5.3 冲击功传递机构性能要求

要达到有效地传递冲击功,且寿命长,能彻底隔离冲洗液通道,迫使冲洗液流经液动锤,使液动锤可靠地工作。

定位和冲击功传递这两个机构设计将是本项目的难点及关键点。

5.4 基础钻具选择

采用 $\varnothing 54$ mm射吸式液动锤与国产S75绳索取心钻具、进口NQ绳索取心钻具进行组合设计、加工出新的绳索取心冲击回转钻具,简称为“二合一钻具”。

$\varnothing 54$ mm射吸式液动锤性能参数见表1,其外径为54 mm,与S75和NQ钻具的内管总成直径接近,连接后不影响内管总成的打捞(打捞岩心)。

表1 $\varnothing 54$ mm射吸式液动潜孔锤主要技术参数

| 型号 | 工作介质 | 性能参数 | | | | | | | | | |
|------|------|-------------|-----|-----------|-------------|---|----------------|-----------|-------------|-----------|-----|
| | | 喷嘴口径 /mm | | 阀程 /mm | 自由行程 /mm | 流量 /($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$) | 液动锤压力降 /MPa | 冲击功 /J | 冲击频率 /Hz | 总长 /mm | |
| 小功率型 | 清水及 | 5 | 5.5 | 6 | 6 | 3.5 ± 0.3 | 0.05 ~ 0.09 | 1.5 ~ 2 | 6 ~ 25 | 25 ~ 50 | 850 |
| 大功率型 | 低固相 | 5.5 | 6 | 10 | 4 ± 0.3 | 0.06 ~ 0.10 | 1.5 ~ 2 | 20 ~ 63 | 25 ~ 50 | 1250 | |

射吸式液动锤结构简单,易损件少,性能可靠,机场工人容易掌握调试方法,有利于普及推广。

液动锤设置在原S75、NQ钻具内管总成的悬挂环与定位弹卡之间(见图1)。

由于有液动锤的冲击功作用,轴向振动力较大,S75原来的悬挂、定位机构的强度已不能满足要求,需要重新选择或设计传递机构。

原NQ钻具的下定位和悬挂机构强度较大,可

以利用其作为传动机构的基础设计参数。

5.5 具体实施过程

采用先易后难、先简后繁的思路,即先在内管总成中直接添加液动锤(见图1)进行了首次试验。

在室内试验液动锤工作正常,但到生产矿区下孔试验却不工作。分析原因,在室内试验时,液动锤是处于静止的状态,而在下入钻孔内试验时,钻具是旋转和摆动状态,悬挂环和座环接合处的密封得不

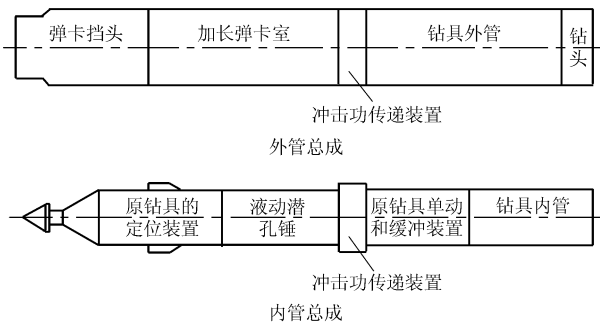


图 1 外管总成、内管总成结构示意图

到保证。冲洗液从液动锤外流失,造成液动锤不工作。为了解决这个问题,把悬挂环下端加工出一个台阶,使悬挂环插入座环几个毫米,这样可以使内管总成在轴向串动和横向摆动幅度不太大的情况下悬挂环和座环接合处较为有效地密封。然后再下孔试验,液动锤工作很正常。

试验中又发现,液动锤工作不稳定,时断时续,现象是:当液动锤不工作时,往往是在发生岩矿心堵塞的情况下,这时,如果将钻具往上顶起,液动锤恢复工作,而一旦往下下放钻具液动锤又停止工作。分析原因:在发生岩矿心堵塞时,内管总成往上移,

悬挂环离开座环,失去密封作用,液流改变通道,液动锤不工作,当调小了弹卡钳与弹卡挡头的间隙,可以保证液动锤较稳定的工作。

试验过程中,还发现另一个现象:(1)安装在悬挂环下端的 O 形密封圈不耐用,每个回次下孔后,提出内管总成时就都不见 O 形密封圈的踪影;(2)安装了 O 形密封圈试验后,取出液动锤时,在悬挂环部位有粉状的橡胶物;(3)下孔试验数小时后,悬挂环下端与座环接触处的棱角依然清晰。

综合 3 种现象判断,液动锤在工作时,冲击锤除了往下冲击砧子外,在提锤时,冲锤运行到上止点后,也往上冲击喷嘴接头的下端面,这个冲击力传给整套内管总成,而且射吸式液动锤的特点是背压越高,冲锤往上的冲击力越大,由于这个原因,加上存在岩矿心堵塞因素,使内管总成在钻具内处于“漂浮”着的高频振动状态(见图 2),液动锤所做的功,实际上并未传给外管钻具,而是内管总成自己内部互相冲击消耗掉了,表现在损坏 O 形密封圈和悬挂环棱角不磨损方面。

根据此发现,说明仅靠水压还不能有效地压住

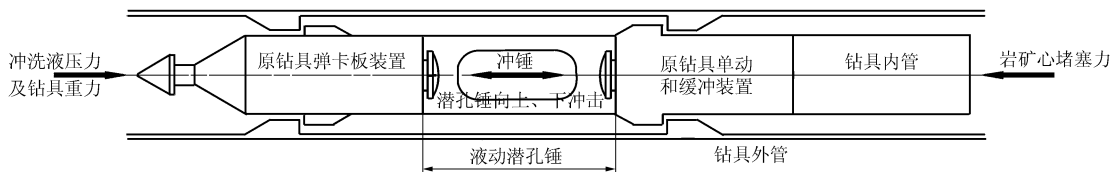


图 2 内管总成“漂浮”示意图

内管总成而实现定位作用,也不能把液动锤所做的功传递给外管钻具,必需另外设计性能可靠的定位装置,将包含液动锤的内管总成有效地定位,以保证内管总成在钻进时,液动锤产生的冲击力能传递到外管钻具及钻头上,实现提高生产效率和减轻或消除岩矿心堵塞的现象。

生产试验同时还发现,虽然液动锤工作很好,但是在产生岩矿心堵塞时,并没有感觉到解堵的情况有所改善。按理说,液动锤和岩心管是连接在一起的,即使内管总成存在漂浮现象,发生岩矿心堵塞时,在液动锤的振动作用下应该能够产生解堵作用。经过对钻具内管总成的结构分析,认为在发生岩矿心堵塞时,液动锤的振动不能产生解堵作用,是因为内管总成上的报警胶圈和缓冲弹簧的减振作用造成的,即液动锤向上和向下的冲击振动作用都被缓冲吸收掉了(见图 3)。

上述现象的发现,是本项目的重要技术成果之



图 3 原钻具缓冲效果示意图

一,对今后开展类似研究具有重要参考意义。

5.6 两个问题的解决措施

5.6.1 内管总成的“漂浮”问题

研究拟定通过增加定位装置解决内管总成的“漂浮”问题。这个定位装置关系到本项目的成败,先后总共设计了 4 种方案,定位器设定位置见图 4,经筛选的定位器如图 5 所示。

经过生产试验后选定的定位装置的特点:锁紧力大,定位可靠,装配间隙易保证,轻微磨损时可自动调节补偿间隙,使用寿命较长,投放和打捞容易,对零件的加工精度要求不高,有利于降低加工成本,可用于各种形式的绳索取心钻具总成,省去了原弹卡挡头、对原钻具性能无影响。完全达到了定位功能要求。

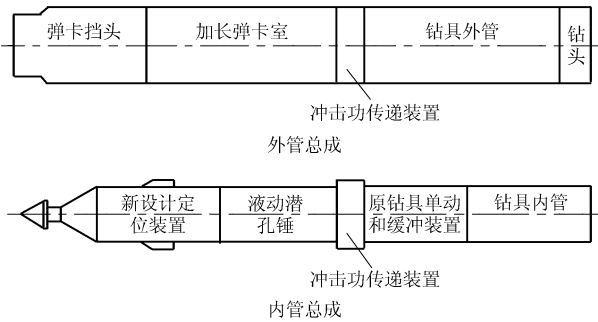


图4 改进后外管总成、内管总成结构示意图

对于液动锤的振动力不能传递给内管以解决岩矿心堵塞现象的问题,进行了2种方案的试验。

(1) 首先是将报警胶圈取消,直接换成金属垫圈,结果是振动力虽传下去了,但很快就将内管总成上的悬挂轴承冲坏,轴承钢球脱落,卡死内管总成,这个方案不可行。

(2) 将报警胶圈和垫圈进行了改进,将报警胶圈内孔加大,垫圈增加衬圈部分,衬圈厚度小于报警胶圈1 mm左右,组装钻具时,将间隙压缩至0.5 mm(见图6),经过生产试验,效果很好。

5.6.2 岩矿心堵塞的解堵方案

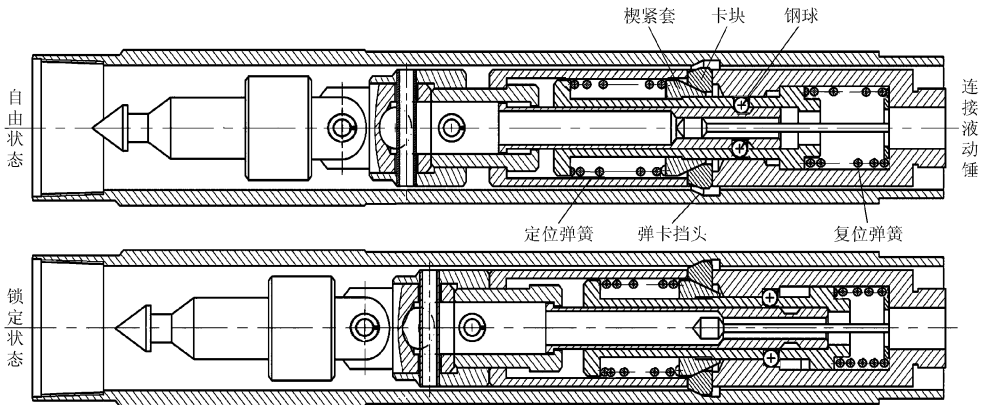


图5 定位器示意图

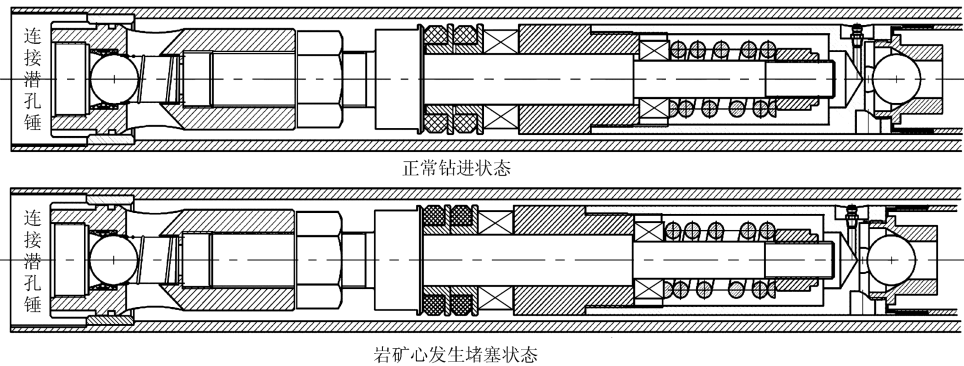


图6 钻具改进后正常工作状态和岩矿心发生堵塞状态

其原理是:衬圈的厚度小于胶圈0.5 mm左右,就可实现在没有发生岩矿心堵塞时,报警胶圈仍然起缓冲作用,能有效地保护内管总成。而一旦发生岩矿心堵塞的情况,报警胶圈以下的内管总成部分往上移动,压缩报警胶圈,消除了0.5 mm左右的间隙,报警胶圈的缓冲作用消失,液动锤的振动力就能直接传递到发生岩矿心堵塞的位置,很快就能解除岩矿心堵塞问题。一旦岩矿心堵塞现象消除,在报警胶圈的弹力和内管重力作用下,恢复有间隙的隔离保护状态。

6 冲击功传递接头

由于液动锤的冲击功率有限,为了将冲击功有效地传给钻头,需要在液动锤和钻具连接处设计冲击功传递接头,位置设置见图4。

冲击功传递接头的功能要求:能将钻具外管与钻杆轴向“隔离”,使冲击功传递给外管钻具和钻头,而不传给钻杆,保证密封可靠,钻具强度尽量少受影响。

冲击功传递机构设计了2套,选择了一套用于生产试验。经试验证明,设计的冲击功传递接头基本达到了上述性能要求。

7 钻具使用注意事项

(1)不能内、外管总成同时下钻,特别是孔内冲洗液含砂量较大时;(2)新配钻具下孔前应检查定位卡块与附加弹卡挡头的锥形面位置是否符合要求、坐环内孔有无过度磨损情况;(3)新配钻具下入前,在孔口先试验一下,以便发现问题;(4)应保证

泥浆含砂量不超标,否则会影响内管总成的打捞。

8 生产试验效果

分别在香格里拉烂泥塘矿区、朗都矿区、扎热隆玛矿区、晋宁磷矿等矿区进行了生产试验。

8.1 经济技术指标(见表 2)

表 2 各矿区绳索取心冲击回转生产试验经济技术参数统计表

| 矿区 | 试验完成工作量 /m | 对比工作量 /m | 岩矿心采取率 | | | 小时效率 | | | 回次长度 | | |
|--------|---------------|-------------|--------|-------|-------|------|------|--------|------|------|-------|
| | | | 绳冲/% | 普绳/% | 提高/% | 绳冲/m | 普绳/m | 提高/% | 绳冲/m | 普绳/m | 提高/% |
| 烂泥塘矿区 | 1376.70 | 245.52 | 99.00 | 98.00 | 1.02 | 2.82 | 1.56 | 80.77 | 2.63 | 1.61 | 63.35 |
| 朗都矿区 | 755.55 | 96.30 | 99.00 | 95.00 | 4.21 | 2.88 | 1.37 | 110.22 | 2.26 | 1.82 | 24.18 |
| 扎热隆玛矿区 | 552.90 | 356.50 | 99.00 | 97.00 | 2.06 | 2.40 | 0.90 | 166.67 | 2.26 | 2.10 | 7.46 |
| 晋宁磷矿矿区 | 413.12 | 149.60 | 91.52 | 61.72 | 48.28 | 4.47 | 2.23 | 100.45 | 2.10 | 1.66 | 26.51 |
| 合计 | 3098.27 | 847.92 | 98.60 | 93.96 | 4.64 | 2.75 | 1.14 | 141.80 | 2.38 | 1.82 | 30.33 |

注:项目申请书要求岩矿心采取率要高于普通绳索取心,时效要高于普通绳取 10%~15%,回次长度高 20%。

8.2 试验钻具寿命

8.2.1 定位器

由于定位器在正常钻进时是静止不动的,只有在投放到位定位和打捞器打捞时解除定位的短暂时间时才产生零件间的互动,因此,磨损极小。

8.2.2 冲击功传递接头

因受结构尺寸限制,这个部位的环状接触面积较小,因此磨损较大,在其中一个钻孔用大功率液动锤试验后,经测量,钻进 10.43 h,砧子面部位轴向相互磨损约 0.27 mm,定位器设计可在轴向间隔 1 mm 内自动补偿,据此计算,冲击功传递接头中的砧子面的寿命约 55 h,其它部位磨损较小。

8.2.3 液动锤

试验中发现,液动锤磨损较大的零件是控制阀的密封圈,平均寿命约在 1 星期左右,冲锤与砧子面因接触面积较大,磨损较小,在试验中未出现这个部位因磨损进行处理的情况。

9 结论

(1)发现了内管总成的“漂浮”现象,这一发现是本项目重要的收获;设计、加工了 4 种类型的定位装置。通过实验优选了一种定位性能比较可靠、可用于各种内管总成的定位装置。

(2)设计了 2 种冲击功传递装置,解决了冲击功传递以及内管总成的保护与发生岩心堵塞后解卡的矛盾。

(3)绳索取心冲击回转钻进工艺在提高硬岩和破碎地层矿心采取率方面的效果明显(如某矿区要求把试验孔的岩矿心留作矿区的标本保存),在市场不断提高质量要求和提高质量管理水平的形势

下,绳冲工艺将越来越具有推广意义。

(4)完成生产试验工作量 3098.27 m,最大孔深 589.88 m。

(5)将绳索取心与冲击回转钻进施工工艺组合在一起,形成了一种新的施工工艺,对提高时间利用率、提高坚硬“打滑”和破碎地层的钻进效率以及提高岩矿心采取率的作用是很有效的,达到了预期的目标。

10 存在问题及今后的研究工作建议

国产绳索取心钻具种类较多,给绳索取心冲击回转钻具设计的标准化带来困难,影响到推广应用。今后研究工作建议:

- (1)继续加强生产试验工作,完善操作工艺;
- (2)研究冲击功率更大、泵压更低的液动锤,优化定位和冲击功传递装置;
- (3)系列化绳索取心冲击回转钻具,如 S91(HQ)、PQ 规格的绳索取心冲击回转钻具。

参考文献:

- [1] 张春波,等.绳索取心金刚石钻进技术[M].北京:地质出版社,1985.
- [2] 王人杰,等.液动冲击回转钻探[M].北京:地质出版社,1988.
- [3] 武汉地质学院,等.钻探工艺学(上、下册)[M].北京:地质出版社,1980.
- [4] 杜祥麟,等.液动锤钻进技术[M].北京:地质出版社,1988.
- [5] 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.
- [6] 王年友,谢文卫,冯起赠,等.绳索取心钻探技术的新发展——三合一组合钻具[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(9):70-72,74.