

# 液动锤套管起拔器的研制与应用

孙 天, 苗晓晓, 叶兰肃, 刘建福, 王建兴, 孙秀梅, 刘莎莎, 王越光  
(河北省地矿局探矿技术研究院, 河北 三河 065201)

**摘要:**液动锤套管起拔器的原理是利用冲洗液作为动力介质,推动冲击锤产生振动,将机械应力波通过液动锤传至套管,使其松动后拔起。新研制的液动锤套管起拔器减轻了普通蛮力起拔方法对套管的损伤,节约钻探成本。本文介绍了双作用和正作用两种液动锤套管起拔器的起拔原理以及工作方法,并介绍了其在河北省遵化市西山带铁矿区进行野外试验中取得的效果。

**关键词:**液动锤套管起拔器;双作用液动锤;正作用液动锤

**中图分类号:** P634.4<sup>+</sup>9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2017)06-0006-07

**Development and Application of Hydraulic Hammer Casing Puller/SUN Tian, MIAO Xiao-xiao, YE Lan-su, LIU Jian-fu, WANG Jian-xing, SUN Xiu-mei, LIU Sha-sha, WANG Yue-guang** (The Institute of Exploration Technology, Hebei Provincial Bureau of Ge-exploration and Mineral Development, Sanhe Hebei 065201, China)

**Abstract:** The principle of the hydraulic hammer casing puller is taking flushing fluid as the power medium to drive the hammer to vibrate and send the mechanical stress wave through the hydraulic hammer to the casing so as to pull it loose and then pull it out. By the newly developed hydraulic hammer casing puller, the damage to casing caused by pulling method of common brute force can be reduced with drilling cost saving. In this paper, the pulling principle and working method of double acting and positive acting hydraulic hammer casing puller are introduced, good results have been achieved in field tests carried out in Zunyi Xishandai iron mine of Hebei Province.

**Key words:** hydraulic hammer casing puller; double action hydraulic hammer; positive action hydraulic hammer

目前常用的套管起拔方法是使用液压千斤顶强力顶出套管。在拔起套管时,静拉力较大,套管经常发生拉断、滑扣,造成套管材料的浪费。国内套管起拔问题多年来未引起重视,辅助性机具研究少有开展,新型器具亟待开发,研制新的辅助性起拔器具有现实意义<sup>[1]</sup>。

新研制的液动锤套管起拔器,是利用高压冲洗液作为动力介质,通过液动锤转换为较高频率的冲击推动冲击锤产生机械功,将机械应力波通过液动锤传至套管,通过持续对套管进行冲击振动,使其与围岩松动后拔起。从而改善套管拔起效果,提高套管起拔效率,减少套管损伤,降低钻探成本<sup>[2-3]</sup>。

## 1 常用起拔套管方法存在的问题

钻探工作对象为地表下面的岩土,其地层情况复杂多变,可预测性差,在膨胀性岩层,如页岩、淤泥和粘土等地层对套管挤压,粘、卡、吸严重时,普通起拔方法很难将套管较完整的取出。目前国内起拔套管基本沿用 20 世纪七八十年代的技术和工具,起拔

套管一般用升降机采用多股钢丝绳强力起拔,但因孔内情况复杂或孔内管材较长,卡、夹、粘、吸较严重,套管不易起拔;还有使用人工打吊锤的方法,该方法可以使套管产生松动后顺利起拔,但人工劳动强度大,费时费力;此外,用千斤顶强力起拔,千斤顶起拔力大,在未降低套管起拔阻力的情况下将套管拔出,容易将套管拔断或脱扣。目前常用起拔器为液压型千斤顶,在拔起套管时,静拉力较大,套管易发生拉断、滑扣,造成套管材料的浪费<sup>[1]</sup>,且易引发孔内事故。

## 2 液动锤套管起拔器的设计原则

(1) 满足在现有常规配套用泥浆泵(如 BW-250、BW-320 型)的条件下使用,冲洗液采用清水或无固相泥浆,以便于推广应用;

(2) 在保证起拔器正常工作的前提下,能适应较大泵量,以增大向上起拔的冲击功,增加起拔套管成功的概率;

(3) 起拔器内部的液流通道要设计的更加合

收稿日期:2016-12-27;修回日期:2017-05-12

作者简介:孙天,男,汉族,1988 年生,勘查技术与工程专业,从事钻探技术研究工作,河北省三河市燕郊经济开发区燕灵路口西 50 米地质队,591774822@qq.com。

理,简化结构,减小系统阻水,提高有效作用系数;

(4)起拔器的运动部件要选择强度较大的材料,提高热处理质量,增加耐磨性和抗冲击;

(5)通用性好,与套管联接的接头设计为可更替型,使之可用于处理多种规格套管的起拔<sup>[3-4]</sup>。

比较国内外多种型号液动冲击器工作原理、实用效果和已有实际工作经验,双作用液动锤有低频、大冲程、大冲击功的特点,结构中弹簧易损构件很少(或者没有),有利于延长起拔器的使用寿命,节约成本,因此作为机具研制的首选方案。但其上、下活阀闭水密封完全依赖活动部件紧密配合度,对机件加工精度、装配工作要求极高,在野外复杂工作条件

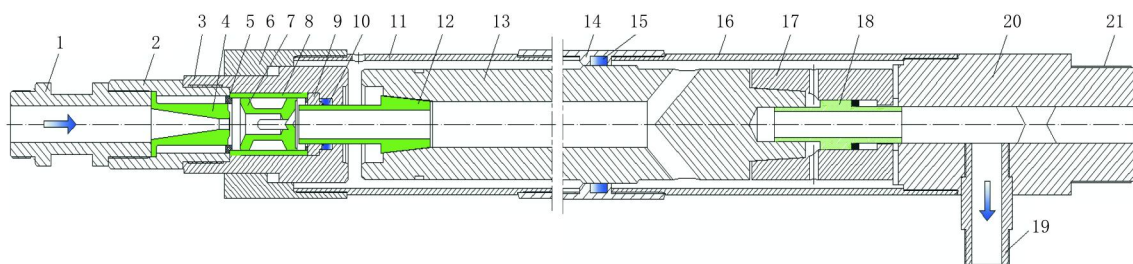
下,可能影响实际作业稳定性。正作用液动锤的优点是结构简单,密封基本依靠密封胶圈,加工难度小,使用维护极其方便,稳定性好。为了保证野外实际工作连续稳定,设计了双作用原理和正作用原理2种液动锤起拔器机型<sup>[3,5,7]</sup>。

### 3 YQS-108型双作用液动锤套管起拔器设计

#### 3.1 总体结构

其结构主要由上阀配水机构、活塞冲锤机构、下阀配水机构、传动机构、连接机构、密封机构及参数调节机构组成(见图1)<sup>[5-6]</sup>。

##### 3.1.1 上阀配水机构



1—提引接头;2—喷嘴座;3—上砧;4—喷嘴;5—活阀垫;6—滑套;7—上活阀;8—阀座;9—压盖;10—上胶圈;11—通气管;12—活塞杆;13—冲锤;14—密封套;15—密封圈;16—高压管;17—下阀套;18—下活阀;19—高压胶管接头;20—下砧;21—套管连接扣

图1 双作用液动锤套管起拔器结构图

主要由提引接头、喷嘴座、喷嘴、上活阀、阀座等组成<sup>[2,5-6]</sup>。

##### 3.1.2 活塞冲锤机构

主要由活塞杆、冲锤、下阀套组成<sup>[2,5-6]</sup>。

##### 3.1.3 下阀配水机构

主要由下阀套、下活阀组成<sup>[2,5-6]</sup>。

##### 3.1.4 传动机构

主要由上砧、滑套、密封套、高压管、下砧等组成,它们之间采用方形扣连接成一刚性整体,将液动锤起拔器和套管连接,冲锤向上冲击时,冲击力就能通过这组刚性体传递给套管。其中下砧丝扣可以根据不同口径的套管扣型加工接头,实现多种规格套管的起拔<sup>[2,5-6]</sup>。

##### 3.1.5 规格及相关性能参数

起拔器质量:85 kg;

起拔器外径:108 mm;

起拔器总长:1450 mm;

冲锤行程:14~23 mm;

上活阀行程:4~13.3 mm;

下活阀行程:2.6~15.2 mm;

自由行程:2.4~3.8 mm;

工作泵压:2~4 MPa;

工作泵量:90~200 L/min;

冲击功:50~120 J。

#### 3.2 工作原理

冲击工作过程有4种工作状态循环往复。参见图2<sup>[2,5-6]</sup>。

##### 3.2.1 上冲前期状态

由于部件自重作用,使下阀套f被压紧到下砧上,上活阀a在高压喷嘴射流的卷吸作用下迅速上行,先于冲锤运动,到达其上限位置后等待冲锤;此时排水通道被下活阀e截断产生水击增压,致使起拔器D腔内的液体压力急剧升高,建立起冲锤的下端面与上端面之间的压差,驱动冲锤上行,加速向上死点上行。与此同时,由于下阀套f上的横向开孔g连通D腔,高压液流会对下活阀的上断面产生向下的作用力,使下活阀紧紧的关闭下砧排水孔,确保冲锤上升初级阶段保持高压。

##### 3.2.2 上冲后期阶段

当冲锤加速上行一段后,即冲锤带动下活阀打开排水孔,整个D腔内的水压力下降,但冲锤靠惯性作用下继续带动下活阀上行,与上活阀下端接触

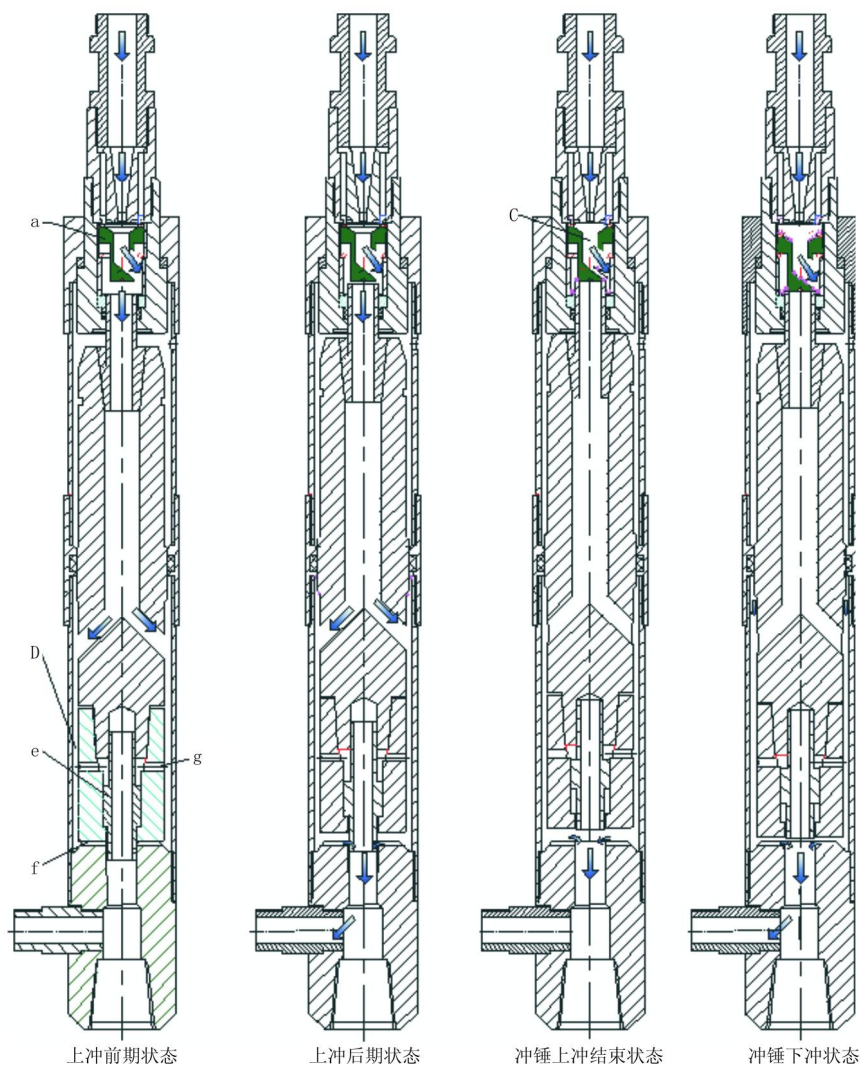


图2 双作用液动锤套管起拔器工作原理

同时冲击上砧做功。

### 3.2.3 冲锤上冲结束阶段

由于冲锤上活塞杆与上活阀接触封闭水路,在C腔内产生水击效应,压力剧增使上活阀与冲锤同步加速下行。

### 3.2.4 冲锤下冲阶段

下行过程中,上活阀被阀座阻止,上活阀与活塞杆的封闭被打开,液流通畅,上活阀由于射吸作用又上行回到上死点;冲锤则靠惯性和自重继续下行,直到下活阀再次封闭水路,D腔产生水击增压,开始下一个工作循环。

## 3.3 关键机构的设计

### 3.3.1 射吸式上阀配水机构设计

为减少液能损失,增加冲击力,并能配合下活阀封闭、打开水路,达到配水作用,研究设计了射吸式

上活阀结构(见图3)。上活阀设计为中空式异径柱状结构,阀的下开孔呈伞状,上活阀上端配有高压喷嘴,工作时泥浆泵排出的液流经喷嘴喷射后形成高压液流,由于射吸作用,上活阀到达上死点。待活塞杆到达上死点与上活阀接触后封水,高压液流推动上活阀和活塞杆一起向下运动。上活阀以此做轴向往复运动,起到配水作用。该机构特点是没有阀簧,但要求加工精度较高<sup>[5-6]</sup>。

### 3.3.2 下活阀配水机构设计

下活阀设计为三阶式中空塔形异径结构,见图4。中间设计成迷宫密封。其作用是在冲锤回程过程中打开排水通道泄流,减少冲锤运动阻力,使冲锤返回起始位置。而在冲锤上冲击时,又靠该装置截流,封闭水路,来产生瞬间高压,对冲程做功,上述作用靠下阀本身3种不同直径所构成的面积差来

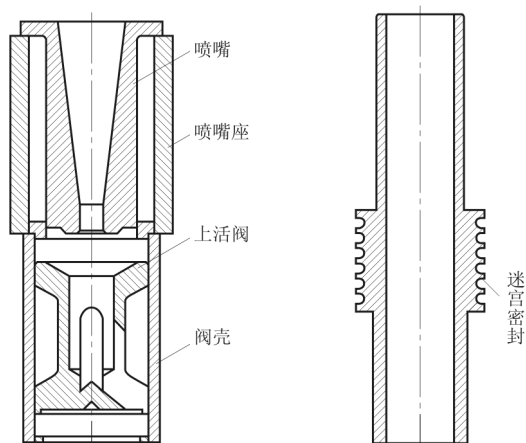


图3 射吸式上阀结构示意图

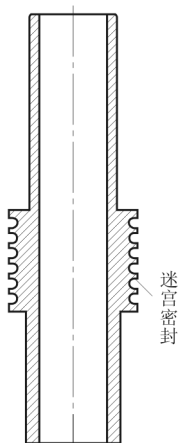
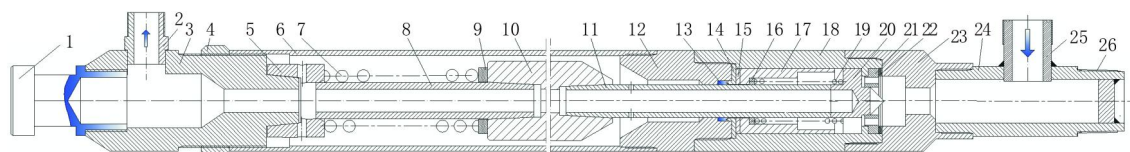


图4 下活阀



1—提引接头;2—低压水管接头;3—顶砧;4—冲程调节母;5—导正套;6—外壳;7—锤簧;8—冲砧;9—锤簧垫;10—冲锤;11—活塞杆;12—中接头;13—密封圈;14—压盖;15—阀程垫;16—阀簧垫;17—阀座;18—阀壳;19—阀簧;20—活阀;21—阻水环;22—阻水垫;23—汇水接头;24—进水接头;25—高压胶管接头;26—套管接头

图5 正作用液动锤套管起拔器结构

活塞杆、冲砧三者间靠锥体刚性相连为一体,工作时依靠水压向上冲击,通过锤簧和自重复位,以此对顶砧施以反复冲击<sup>[2,7-8]</sup>。

#### 4.1.3 冲击能量传送机构

由顶砧、导正套、外壳、中接头、阀壳、进水接头、套管接头等组成,其中顶砧-外壳-中接头-阀壳-汇水接头-套管接头之间采用方形扣连接成一刚性整体,与液动锤起拔器和套管连接,冲锤向上冲击时,冲击力就能通过这组刚性体传递给套管。其中套管接头丝扣可以根据不同口径的套管扣型加工接头,实现多种规格套管的起拔<sup>[2,7-8]</sup>。

#### 4.1.4 规格及相关性能参数

起拔器质量:72.5 kg;  
起拔器外径:108 mm;  
起拔器总长:1550 mm;  
冲锤行程:14~19 mm;  
阀程:11~16 mm;  
自由行程:3~5 mm;  
锤簧预压:-1~+2 mm;  
工作泵压:2~4 MPa;  
工作泵量:90~200 L/min;  
冲击频率:25~45 Hz;

完成,对比有簧下活阀更加简单耐用<sup>[5-6]</sup>。

## 4 ZQ-108型正作用液动锤套管起拔器设计

### 4.1 总体结构

该机构主要由下阀配水机构、冲锤机构、冲击能量传递机构组成,其结构见图5<sup>[7-8]</sup>。

#### 4.1.1 配水机构

主要由汇水接头、阻水垫、阻水环、活阀、阀簧、阀壳、阀座组成,它是冲锤冲击行程的配水机构<sup>[2,7-8]</sup>。

#### 4.1.2 活塞冲锤机构

由活塞杆、冲锤、锤簧垫、冲砧组成,其中冲锤、

冲击功:30~100 J。

### 4.2 工作原理

冲击工作过程有4种工作状态循环往复<sup>[7-8]</sup>(参见图6)。

#### 4.2.1 启动及加速上升阶段

冲锤f在锤簧g的作用下处于下位,其中心孔被活阀e截住,液流被阻,液压急剧增高而产生水锤效应,在液压作用下,冲锤和活阀一同上行,压缩阀簧b和锤簧g。

#### 4.2.2 冲锤惯性上升阶段

当活阀上行到一定位置时,活阀被阀座c限制,活阀停止运行并与冲锤脱开,液流经冲锤中心孔而流出,液压下降,活阀在阀簧作用下返回原位;冲锤在动能作用下利用惯性继续运行。

#### 4.2.3 冲击阶段

冲锤在惯性作用下继续上行,冲击顶砧o,冲击能量经顶砧、外壳等传至套管,达到向上起拔的目的。

#### 4.2.4 冲锤回程阶段

冲击之后,冲锤在锤簧力和自重力作用下弹回,其活塞顶端面又与活阀接触,关闭水路,完成一个冲击周期,如此周而复始的连续工作。



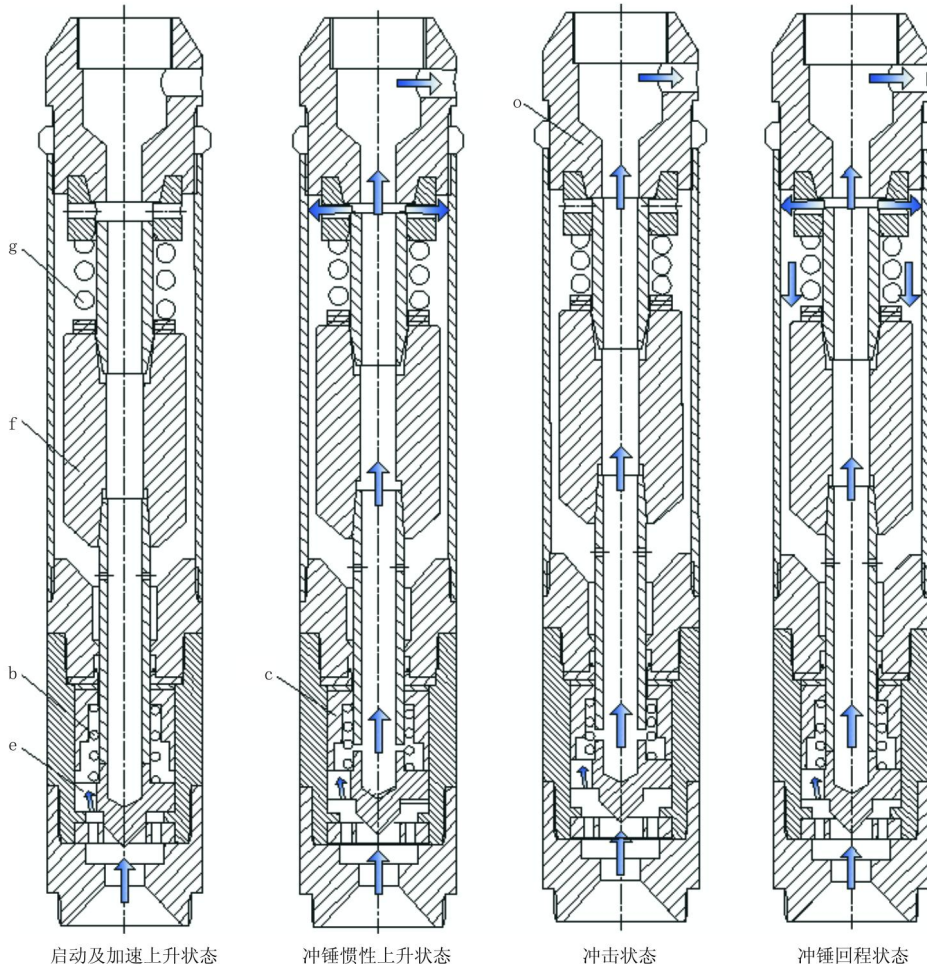


图6 正作用液动锤套管起拔器工作原理

### 4.3 阀式配水结构的设计

根据液动锤阻流的工作原理,配水机构设计阻流环及活阀,以达到储能增压作用,形成瞬间冲击力。在设计优选结构及性能参数时,确定阻流环节流孔直径,并且更换较方便。

为减少液能损失,增强冲击效果,设计了阻流环和活阀结构,见图7。活阀的形状相当于纺锤体,活阀上端呈尖形便于分散液流,克服其复位时液体动压阻力。阀周边开3个纵向通槽形成3个翼端,活阀回到上死点时,其颈部堵住阻流环中心孔(插入深度1.5 mm左右),阻截液流并储存液能,阻流环旁侧2个小孔限控液流<sup>[8]</sup>。

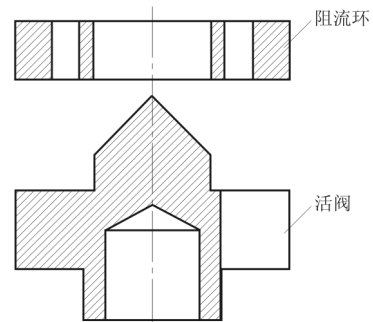


图7 阻流环及活阀

## 5 野外生产试验及应用效果

两种液动锤套管起拔器样机研制成功后在河北省遵化市西山带铁矿区进行了3轮野外生产试验,先后在ZK701、ZK801、ZK1801三个钻孔进行了套管

起拔试验,共起拔出 $\varnothing 108$  mm套管185.48 m, $\varnothing 89$  mm套管354.71 m,取得了较好的试验效果,得到了机场工作人员的好评。

### 5.1 施工场地情况

矿区地层上部为第四系覆盖层,基本为河流沉积物,主要为松散无胶结砂层、土层和卵石层造成取心困难;下部为较完整基岩,主要以角闪斜长片麻岩、石英岩为主。当钻孔地层钻进不顺利工期较长

或钻孔设计很深时,均使套管在孔内停留时间较长,与地层粘接强度增大,提高了套管起拔的难度。

采用聚丙烯酰胺无固相冲洗液,性能指标为:密度  $1.03 \text{ g/cm}^3$ ;粘度  $21 \text{ s}$ ;失水量  $12 \text{ mL/30 min}$ ;含砂量  $0.02\%$ ;pH值  $8.8$ 。

机场配备设备器具:XY-44型岩心钻机,卷扬单绳最大提升拉力  $45 \text{ kN}$ ;手动分离式液压千斤顶 ( $5 \sim 75 \text{ t}$ );AG13-20型A型钻塔,额定承载能力  $20 \text{ t}$ ;BW250型泥浆泵;YQS-108型双作用液动锤套管起拔器、ZQ-108型正作用液动锤套管起拔器各1套;1 in 钢丝编织专用高压胶管  $15 \text{ m}$ 。

## 5.2 辅助起拔试验情况及效果

套管起拔方式分为3种:(1)钻机卷扬直接强力拔起套管,其特点是持续向上拉力,拉力有限,不能超过钻塔承载力;(2)采用钻机卷扬+液动锤起拔器强力振动起拔套管,特点是在强力拉直套管的同时,通过连续的向上冲击震动力,可以减轻岩层对套管的粘结、挤压作用;(3)千斤顶+钻机卷扬+液动锤起拔器静顶力振动起拔套管,其特点是向上拉力可以拉直套管;向上静顶力(千斤顶起升力可达到  $750 \text{ kN}$ )可以最大限度的顶起套管;向上冲击震动力,可以减轻岩层对套管的粘结、挤压作用。其中第二种和第三种方法较好地体现了液动锤起拔器对套管安全起拔的辅助作用。

现场起拔状态见图8。



图8 起拔器现场工作状态图

### 5.2.1 ZK1801孔套管起拔情况

ZK1801终孔后一日开始套管起拔试验,试验采用YQS-108型双作用液动锤起拔器。

首先使用钻机卷扬强力起拔  $\text{Ø}89 \text{ mm}$  套管,拉力  $120 \sim 140 \text{ kN}$ ,钻塔有轻微晃动,尝试几次后未将套管拔出。然后采用第二种方式起拔套管,开启泥浆泵,调至二挡(泵量  $90 \text{ L/min}$ ),起拔器成功启动

工作,卷扬拉力  $150 \sim 170 \text{ kN}$ ,通过  $83 \text{ min}$  的连续向上冲击作用,最终顺利完全起拔出  $\text{Ø}89 \text{ mm}$  套管  $65.47 \text{ m}$ 。

在起拔  $\text{Ø}108 \text{ mm}$  套管过程中,采用第一、二两种起拔方法,拉力器荷载至  $140 \text{ kN}$ ,均无法拔出  $\text{Ø}108 \text{ mm}$  套管,后采用第三种方法,千斤顶起升力  $295 \sim 393 \text{ kN}$ ,经过  $280 \text{ min}$  的向上的静顶力冲击振动起拔,完全拔出  $\text{Ø}108 \text{ mm}$  套管  $62.10 \text{ m}$ 。

### 5.2.2 ZK701孔套管起拔情况

ZK701终孔当日开始套管起拔试验,试验采用YQS-108型双作用液动锤起拔器。

首先起拔第二级套管,规格  $\text{Ø}89 \text{ mm}$ ,单独采用钻机卷扬强力起拔  $\text{Ø}89 \text{ mm}$  套管,拉力  $120 \sim 140 \text{ kN}$ ,未能拔出套管;随即采用第二种方法起拔,开启泥浆泵调至三挡(泵量  $145 \text{ L/min}$ ),起拔器对套管连续冲击作用了  $2 \text{ h}$  多,卷扬拉力  $120 \sim 140 \text{ kN}$ ,套管未能拔出。最后采用第三种方式,千斤顶起升吨位  $295 \sim 393 \text{ kN}$ ,经过  $110 \text{ min}$  起拔,套管被强力拔断,拔出  $\text{Ø}89 \text{ mm}$  套管  $289.24 \text{ m}$ ,剩余  $23.12 \text{ m}$   $\text{Ø}89 \text{ mm}$  套管未能拔出。

在以往套管回收中,遇到此种情况只能采用千斤顶强力起拔,套管往往在离地面浅孔处即被拔断,造成套管大量浪费。若再采用反丝钻杆反套管的情况将大大消耗时间,且不能保证剩余套管仍能较好起拔,可见起拔器所产生冲击振动功对套管的成功起拔有很好的辅助作用。

在起拔  $\text{Ø}108 \text{ mm}$  套管过程中,先采用钻机卷扬强力起拔,拉力  $120 \sim 140 \text{ kN}$ ,起拔无效;后采用方式二,开启泥浆泵调至三挡,经过  $230 \text{ min}$  的起拔器对套管的连续向上冲击作用,拉力  $120 \sim 140 \text{ kN}$ ,将  $\text{Ø}108 \text{ mm}$  套管全部起拔出来,共  $62.22 \text{ m}$ 。

### 5.2.3 第三轮套管起拔情况

ZK801孔于终孔当晚开始套管起拔试验,在钻机卷扬的拉力作用下强力起拔  $\text{Ø}89 \text{ mm}$  套管,顺利拔出  $\text{Ø}89 \text{ mm}$  套管  $61.91 \text{ m}$ 。

在起拔  $\text{Ø}108 \text{ mm}$  套管过程中。采用强力起拔方式起拔无果后,采用第二种方式起拔,因套管埋藏过长,起拔器与钻机卷扬连续工作将近  $200 \text{ min}$ ,拉力  $120 \sim 140 \text{ kN}$ ,将套管全部顺利拔出,起拔  $\text{Ø}108 \text{ mm}$  套管  $58.16 \text{ m}$ 。3种套管起拔方法情况对比见表1。

试验表明,双作用液动锤套管起拔器在冲击功

表1 3种起拔方式起拔套管情况对比

套管 起拔 方式	ZK1801孔		ZK701孔		ZK802孔	
	Ø89 mm 套管	Ø108 mm 套管	Ø89 mm 套管	Ø108 mm 套管	Ø89 mm 套管	Ø108 mm 套管
一	0 m	0 m	0 m	0 m	完整 61.91 m	0 m
二	完整 65.47 m	0 m	0 m	完整 62.22 m		完整 58.16 m
三		完整 62.10 m	289.24 m (23 m 剩余)			

大小、冲程可调节范围和结构耐用性方面表现良好;正作用液动锤套管起拔器启动可靠性、工人操作使用简易。与以往普通起拔套管方法相比较,使用液动锤起拔器后起拔完整度高,套管损害小;起拔套管方便、安全,省时省力,降低了工人劳动强度,取得了较好的试验效果,受到了机场工作人员的好评。

## 6 总结和建议

(1)液动锤套管起拔器配水机构简单,提高套管拔起完整性,效果显著。配套现场泥浆泵即可满足要求,无需其它动力装置,节省人工,适用于野外机台生产条件。

(2)双作用套管起拔器冲击功大,起拔效果明显,但野外使用时初次启动不灵敏,需要工作人员掌

握一定技巧才能启动。使用正作用液动锤套管起拔器时,起拔效果略低于双作用型,但参数调节简单,启动稳定可靠。

(3)经过3次套管起拔试验,通过改进,起拔器性能不断提高,建议继续对机具进行研究改进,大幅度提高冲击功,增加振动起拔能力,使其能更好的适应复杂地层的套管起拔。

## 参考文献:

- [1] 郑仕善.复杂地层套管起拔方法[J].地质与勘探,1980,(9):71-73.
- [2] 鄢泰宁.岩土钻掘工程学[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2001.
- [3] 曾多权.冲击器反打技术在起拔套管中的应用[J/OL].城市建设理论研究,2011,(25).
- [4] 苏长寿.液动潜孔锤技术现状及发展设想[J].探矿工程,2003,(1):28-30.
- [5] 陈朝达,高建强,郝建华,等.射吸式双作用油井深井冲击器设计[J].石油矿场机械,1999,28(6):43-46.
- [6] 滕学清,王克雄.SDSZ液动冲击器设计计算研究[J].地质装备,2010,11(4):21-23.
- [7] 代常友.阀式正作用液动冲击器的性能参数分析[D].四川成都:成都理工大学,2007.
- [8] 向震泽.TK-56型正作用液动冲击器[J].地质与勘探,1983,(6):67-71.