

# 小浪底引黄工程出水池竖井溜渣井疏通钻探施工技术

刘贵元

(山西省地质勘查局二一四地质队,山西运城 044000)

**摘要:**溜渣井在矿山开采、隧道工程中经常应用,淤堵事故时有发生,通过采用动力头钻机+绳索取心钻具,进行跟管钻进的方法疏通溜渣井。本文结合小浪底引黄工程溜渣井疏通施工实例,介绍了疏通方法、配套设备、操作规程及注意事项;总结了这次跟管钻进技术的经验与不足,为类似疏通工程的施工提供了简单实用的工法借鉴。

**关键词:**出水池竖井;溜渣井;淤堵事故;绳索取心钻具;跟管钻进

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)09-0042-04

**Drilling Construction Technology of Diversion Shaft Slag Slipping Well Dredging in Xiaolangdi Dam Yellow River Diversion Project/LIU Gui-yuan** (214 Geological Team, Shanxi Province Bureau of Geology Exploration, Yuncheng Shanxi 044000, China)

**Abstract:** Slag slipping wells are often used in the projects of mining and tunneling, which can be dredged through drilling with casing by using top head drilling machine and wire-line core drilling tools to deal with the frequent clogging accidents. Based on the example of the slag slipping well dredging construction in Xiaolangdi Dam Yellow River diversion project, this paper introduces the dredging methods, supporting equipments, operation rules and attentions, summarizes the experience and deficiency of the drilling with casing to provide practical reference for similar dredging projects.

**Key words:** diversion shaft; slag slipping well; clogging accidents; wire-line core drilling tools; drilling with casing

## 1 概述

小浪底引黄工程是山西省重点工程,小浪底水库的水通过带压隧道自流至垣曲县解峪乡的地下水厂,然后通过地下泵站将水扬至 280 m 高处的无压输水 2 号隧洞,再送往闻喜县吕庄水库供运城市各地使用。连接地下水厂和高处 2 号输水隧洞的工程是一个 280 m 深、直径 5.2 m 的竖井,水利工程中命其为“出水池竖井”。中国水利水电第九工程局有限公司承担该竖井的施工,为了降低施工成本提高施工进度,施工初先在竖井内缘先打了一眼直径 1.4 m 的小井作为爆破排渣之用,工程上称“溜渣井”(竖井底部的引水隧道已贯通,可以使用卡车进行爆破渣石的外运)。该竖井施工至 60 m 时由于井底排渣清理工作不及时造成溜渣井淤堵,施工单位先采用爆破的办法从井底疏通了 50 m;之后由于井底爆破的困难和风险加大,又先后从溜渣井顶部利用 XY-2 型钻机和 5t 强冲钻机试图通过钻孔或冲击的办法解除溜渣井淤堵,结果都没有能够处理下去。项目部曾经想废弃溜渣井的使用,实施从井口出渣正面开挖的老办法,但从 60 m 挖至 69 m 平

均一天仅能挖掘 2.5 m 左右,随着竖井的加深,施工进度会越来越慢,工期不允许,只有将溜渣井快速疏通才能完成年底通水的目标任务;在此情况下承包方委托我队实施疏通工程。我队组成专业团队对现场进行了认真细致的勘察,最终确定使用大扭矩、大提升力、动力头行程长的 YDX1800A 型钻机实施全套管跟管钻进,充分利用绳索取心钻具可以快速掏取岩心的特性,解决了该竖井疏通的难题,取得了较好的经济效益和社会效益。图 1 为跟管钻进疏通溜渣井工作示意图。

## 2 方案设计

### 2.1 困难分析

(1)淤堵段长(约 160 m 长)、位置深(井口以下 69 m 开始)、堵的密实(曾用强冲钻机处理过)、渣石组成成分复杂。

(2)垂直度要求高。据介绍,该溜渣井是使用反井钻机施工完成的,280 m 深的井眼井底偏差 < 2 m。疏通施工要确保钻孔始终处在 1.4 m 直径的溜渣井范围内(161 m 的疏通段偏差不能超过 0.7 m,

收稿日期:2018-01-22;修回日期:2018-08-04

作者简介:刘贵元,男,汉族,1964 年生,高级工程师,探矿工程专业,从事钻探技术和生产管理工作,山西省运城市盐湖区禹都大道 487 号地矿大楼,627002801@qq.com。

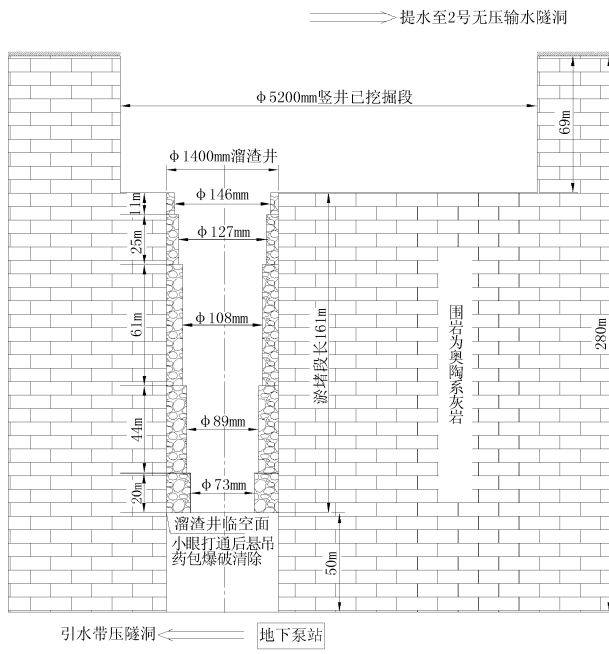


图 1 跟管钻进疏通溜渣井工作示意图

相当于孔斜不能大于  $0.2^\circ$ );一旦钻入到井筒之外,就意味着施工失败。

(3) 地层特殊。爆破形成的渣石成分复杂,堆积有实有虚、粒径有大有小;很可能还有钎头、锚杆、铁板等铁质抛弃物残留在井内,之前钻机施工时还有丢弃的钻具、钻头、套管等。这些铁器对钻探施工极为不利,残留铁器和溜渣中的孤石很容易导致钻孔偏出溜渣井外,致使疏通失败。

(4) 疏通技术方法和设备选择比较困难。根据以往的经验,渣石上打钻成孔非常困难,传统的泥浆护壁、投泥球方法,可能的结果就是上一钻打过去了,下一钻下去还在原来的深度,要在一个地方反反复复钻探多次才能通过。小口径投泥球护壁的方法,显然实现不了快速疏通的目的。

大口径旋挖钻机可以实现快速钻掘,但成本比较高,而且目前还没有能挖那么深的钻机,也预排除。

竖井的围岩是灰岩,溶洞发育,而且渣石体上下已经透气,空气潜孔锤钻进时建立循环比较困难,岩粉不能及时排出;另外,极大的冲击震动作用,会造成渣石再次密集,对钻具形成夹持包裹作用,冲击器停止工作,疏通难以进行。

(5) 时间紧迫。这次竖井疏通钻孔施工,业主要求 7~10 d 内看出效果(担心打偏或成不了孔重复工作耽误时间),否则他们就实施正面开挖。

## 2.2 处理思路

顺着溜渣井中心打一个小眼,然后从井底往上反钻;或者从小眼内下入钢丝绳在井底捆绑炸药,从底部进一步快速爆破清除。见图 1。

## 3 成孔工艺技术的确定

通过对各种困难因素的分析,我们认为一要能够快速成孔,二要保证所成钻孔足够垂直,此为该疏通工作的关键,基于这种认识我们确定使用全套管跟管钻进的方法。

全跟管钻进,套管也是钻杆,钻杆也是套管,始终保持满眼钻进。另外,套管直径比较大、钻具刚性强,为钻孔打直提供了必要条件。只要钻头寿命允许,可以不提钻,从大至小多种口径的套管覆盖,能够保证快速有效成孔。我们设计了从  $\text{O}127\text{ mm}$  至  $\text{O}73\text{ mm}$  4 种口径系列进行跟管钻进,每一径覆盖长度只有 40 m 左右,这种全套管跟管工艺技术方法满足了快速成孔和钻孔保直的需求。

## 4 设备的选择

为了克服来自特殊地层的挤夹力和包裹力,保证跟管钻进工艺的顺利实施,选择使用 YDX1800A 型钻机,该钻机具有动力头行程长、扭矩大和提升力足的特点,其自带的副卷扬,大大方便了成孔后井底爆破除渣工作的实现。钻机性能参数见表 1。

表 1 YDX1800A 型钻机主要性能参数表

参数名称	参数值
最大扭矩/(N·m)	5500
最大通孔直径/mm	117
转速/(r·min <sup>-1</sup> )	0~1200
给进行程/mm	3500
最大给进力/kN	50
最大起拔力/kN	150
最大钻进倾角/(°)	45
主卷扬提升力/kN	135
副卷扬提升力/kN	11(带 1000 m 钢丝绳)
动力/kW	179
整机质量/kg	11000
外形尺寸/mm	6550×2320×2720

## 5 施工工艺

### 5.1 主要技术准备

(1) 在设备和护孔管安装期间,根据每一口径需要覆盖的钻孔深度,把各类套管(或岩心管)都准备到位,并加工成不长于 3 m 的短根,方便跟管钻进加杆。

(2)提前定制管靴钻头和跟管钻进用的钻头,要求钻头具有较长寿命和比较锋利的出刃,保持钻头不打滑,降低孔斜风险。

(3)对护孔管进行加固焊接,并保证其垂直居中。

(4)准备好高精度测斜仪器,每完成一次跟管钻进作业及时测斜,发现超标及时纠偏。

## 5.2 确定钻孔位置

根据甲方提供的溜渣井井口坐标和孔底坐标,确定其相对位置或井孔轨迹方向,渣井的中心就是此次钻孔的位置,轨迹方位就是钻孔的初始方位。

## 5.3 搭设平台

钻孔位置确定后,进行钻机平台的搭设,具体方法为,以钻孔为中心,围绕钻孔将18号工字钢搭设成 $1.5\text{ m}\times 1.5\text{ m}$ 的网格状;钻机下方第一层4片为一组,分2组加固摆放,第二层2片一组十字摆放在第一层上面,将这2组整体安装于钻机塔腿正下方,形成约 $400\text{ mm}\times 400\text{ mm}$ 的孔口位置。在这个平台上安装钻机,保证钻机充分水平,动力头主动钻杆严格垂直(与竖井轨迹轴线一致),把好设备安装这个基础质量关。

## 5.4 安设护孔管

将 $\text{O}146\text{ mm}$ 套管用接箍紧固连接,在每个丝扣连接处用 $\text{O}10\text{ mm}\times 250\text{ mm}$ 的盘条焊接加固3道;最上面连接钻机主动钻杆,将这一套管柱垂直吊放至渣孔中心,要求底部带无内径的合金钻头。采用轻压慢转的规程完成钻进,就地搁置;然后对该层套管在孔口和竖井底部予以加固固定。

## 5.5 跟管钻进方法及过程

该竖井疏通钻孔施工从69 m开始至230 m结束,穿越了161 m长的渣石复合淤堵段,进行了4次套管钻进作业,分别为 $\text{O}146$ 、 $108$ 、 $127$ 、 $89\text{ mm}$ , $\text{O}73\text{ mm}$ 口径作为备用口径,用其将最后一段打通。

在 $\text{O}146\text{ mm}$ 套管内用 $\text{O}127\text{ mm}$ 单管钻具尽量往下钻进,钻头选用中等硬度,低齿齿轮、方型齿或同心圆尖齿型防滑钻头,要求具备抗冲击能力强、防滑防斜效果好的特性,而且适合中等硬度的灰岩中钻进。感觉跟管钻进困难时,提钻换一个管靴钻头,利用管靴钻头再钻进一段,就地搁置做为二层管。采用这一方法,在 $\text{O}127\text{ mm}$ 套管内实施 $\text{O}108\text{ mm}$ 跟管钻进;以此类推,分别完成 $\text{O}89$ 、 $73\text{ mm}$ 的钻进,直至透通全部淤堵区段。

## 5.6 清除渣石

跟管钻进形成小眼后,利用钻机副卷扬将其自带钢丝绳绳索从该小眼内放至井底,采用悬吊药包爆破的办法对渣石进一步清除。

## 6 钻进技术规程

操作原则:充分利用70 m的空洞段实现减压钻进,不进尺时一定要及时更换钻头,禁止打懒钻;保持钻头出刃相对锋利是防止孔斜,保持钻孔垂直的重要因素。具体钻进参数见表2。

表2 跟管钻进各径级钻进参数

开次	孔径/ mm	施工深度/ m	钻压/ kN	转速/ ( $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ )	泵量/ ( $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ )
一开	153	69~80	9~12	30~200	100~200
二开	133	80~105	8~11	50~300	80~180
三开	113	105~166	6~8	150~300	100~130
四开	96	166~210	12~15	350~700	60~90
五开	76	210~230	10~12	400~800	40~70

注:特殊情况可以适当调整规程参数。

## 7 跟管钻进施工效果

此次跟管钻进钻孔施工,使用 $\text{O}146\rightarrow 27\rightarrow 108\rightarrow 89\rightarrow 73\text{ mm}$ 5种口径进行跟管接力钻进,至小眼透通,实际效果见表3。现场施工如图2所示。

表3 各径级套管实际跟管情况

跟管钻具口径/mm	施工段/m	进尺/m	说明
146	69~80	11	兼作护孔管
127	80~105	25	
108	105~166	61	
89	166~210	44	钻杆当套管
73	210~230	20	绳索取心



图2 施工现场

## 8 经验与不足

### 8.1 经验总结

(1)较大直径的套管( $\Phi 146$ 、 $127$ 、 $108$  mm)系列,实行全套管满眼钻进,配合使用合理的钻头和钻进规程,综合防止钻孔孔斜;这套钻进技术方法,在垂直孔的施工方面值得推广应用。

(2)跟管钻进的概念大家都不陌生,但到底每一口径能够跟进多少米,它与地层、口径、设备能力、工艺方法等关系非常密切。这次跟管钻孔施工从 69 m 开始至 230 m 透通, $\Phi 146$  mm(兼作护孔管)钻进了 11 m, $\Phi 127$  mm 钻进了 25 m, $\Phi 108$  mm 钻进了 61 m, $\Phi 89$  mm 钻进了 44 m。可以看出每一径可以覆盖 30~50 m 的孔段,同行们在进行类似工程时可以借鉴参考。

(3)YDX1800A 型钻机,动力头行程长、起拔力足、扭矩大,带副卷扬,综合了普通水井钻机和立轴式岩心钻机的优势,跟管钻进很方便;自带的副卷扬为成孔后进一步爆破清除渣石提供了非常便利的条件。

(4)69 m 深已挖成的竖井空洞,给设备安装带来了极大的不便;看似不利条件,但也为减压钻进的实施提供了必要条件,利用这段悬空带实施减压钻进跟管,充分保证了钻孔施工开孔的垂直。

### 8.2 不足之处

(1)施工中遭遇了之前钻机遗弃的套管、钻头以及爆破作业废弃的钎杆、铁板等,这些器物对施工极为不利,钻孔曾因此偏出溜渣井;用大一级的钻具进行扩孔校正钻孔才重回了溜渣井内。如图 3、图 4 所示。



图 3 钻遇的岩心管及孔偏后取出的岩心



图 4 所用钻头及其非正常研磨情况

(2)施工队倾倒的喷浆料没有调查清楚,对其危害认识模糊;喷浆剩料与渣石形成的固结物增大了爆破清除的难度,费时较多,耽误了进度。

(3)如果合理利用  $\Phi 127$ 、 $89$ 、 $73$ 、 $56$  mm 绳索取心钻杆、钻具、钻头之间的级配差,把钻杆直接作为套管使用,充分发挥绳索取心工艺技术的优势,会大大提高施工效率。

## 9 结语

YDX1800A 型钻机实施全套管跟管钻进,完成了从  $\Phi 146$ ~ $73$  mm 5 种口径的跟管钻进接力,顺利成孔;在甲方的全力配合下疏通了溜渣井,为竖井的施工作业争取了时间,满足了业主的总体要求。实践证明该设备和全套管跟管钻进技术是解决类似工程难题的有效方法。

如果将其进一步配套改进,把这种设备技术用于应急救援孔和垂直钻孔的施工,将会大大拓宽地质队的施工服务领域,不失为钻探行业转型发展的一条路径。

## 参考文献:

- [1] 耿瑞伦.跟套管钻进技术及其应用[J].地质装备,2000,(3):11-15.
- [2] 刘军.栾川钼矿复杂地层钻进跟管钻具研制[J].矿山工程,2013,(1):1-4.
- [3] 张军旗,与俊超,王庆军,等.内蒙古某煤矿投料井钻进成井施工工艺及控制要点[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(1):57-60.
- [4] 朱永宁,袁明.甘肃省漳县盐矿勘探高垂直度要求岩芯钻探钻孔施工工艺技术[J].地质与勘探,2007,43(4):95-97.
- [5] 毛世勇,彭水平,尤绪华,等.悬吊药包爆破法在张河湾抽水蓄能电站闸门井开挖施工中的应用[J].葛洲坝集团科技,2008,(3):2-4.
- [6] 刘红震,字朝良.糯扎渡水电站调室溜渣井快速贯通施工法[J].水利水电施工,2012,(4):8-11.
- [7] 吴迪.应用地质钻开挖竖井的施工技术[J].西部探矿工程,2005,(8):21-23.