

# 机械传动立轴式岩心钻机的发展前景与改进设想

刘卫东

(四川省核工业地质局,四川成都 610021)

**摘要:**分析了机械传动立轴式岩心钻机和全液压力头式岩心钻机的性能特点,根据我国国情提出机械传动立轴式岩心钻机的使用前景和改进设想。

**关键词:**机械传动立轴式岩心钻机;全液压力头式岩心钻机;改进

**中图分类号:**P634.3<sup>\*1</sup> **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)S1-0070-03

## 1 在新一轮地质工作中,机械立轴式岩心钻机所肩负的重任

随着新一轮矿业高潮到来,特别是西部地区的地质勘探,国内大多数地勘单位纷纷采购进口的全液压力头式岩心钻探设备。据资料表明,全国已有各种国外进口全液压力头式钻机超过 100 台套。但目前在全国整个矿产勘查市场中,机械立轴式岩心钻机的数量仍占主导地位,尽管机械传动、液压控制方式为主的地质钻探岩心钻机与国外长行程全液压力头式钻机相比尚有一些不足,但因其结构简单、便于操作和维修保养、成本低廉、可拆性好易于山区搬迁,非常适合中国的国情,经过 50 多年来的完善和发展,立轴式钻机配以绳索取心金刚石钻探技术为主的钻探体系在我国地质找矿中发挥了重要作用,取得了良好的经济技术效果和地质成果。

## 2 两种钻机性能对比

### 2.1 机械传动立轴式岩心钻机

#### 2.1.1 优点

(1)机械传动效率高,消耗功率小,钻机功(率)深(度)比一般为 30~50 W/m;(2)可靠性较高;(3)对操作、维修技能要求低,维护、修理、保养方便;(4)制造成本低;(5)起下钻时间短;(6)结构布局大多为叠合组合的纵向布局,最大的特点是结构紧凑,操作集中,质量轻,国产钻机重深比一般为 2.1~2.5 kg/m;(7)解体性好,易于拆卸、搬迁、运输;(8)处理事故能力强。

#### 2.1.2 缺点

(1)给进行程短,一般只有 500~600 mm,倒杆停启次数频繁;(2)工作平稳性差,包括回转器启

动、停车等;(3)普遍采用主动(立轴)钻杆,实现机上加杆困难,加(接)杆或打捞内管必须将钻头脱离孔底,卸开主动钻杆且钻机移位让开孔口后才能工作,影响钻进效率;(4)斜孔钻进困难,尤其是倾角<75°的斜孔;(5)采用 A 形或四角(脚)钻塔,拆卸、搬运、安装工程量大,时间长;(6)分挡变速,不能实现无级调速,不易选择最佳工艺参数,对金刚石钻探工艺适用性差;(7)钻机立轴通孔直径较小;(8)在每次倒杆时,必须将钻机离合器关闭停止转动;(9)普遍没有配备必需的钻进参数仪表,虽然配了孔底压力指示表,但可靠性差,现场操作者仅能凭经验、感觉来判断钻进情况。

### 2.2 全液压力头式岩心钻机

#### 2.2.1 优点

(1)岩心采取率高,钻孔质量能保证;(2)给进行程长,加杆时无须将钻具脱离孔底;(3)启动、关停和工作平稳;(4)钻杆柱导向性能好,可实现机上加钻杆;(5)钻机各项动作便于集中控制,较容易实现斜孔(尤其是 0~75°的斜孔)的钻进施工;(6)起下钻次数少,钻进效率高,有利于保护和稳定孔壁;(7)钻进适应性强。

#### 2.2.2 缺点

(1)造价成本高,进口设备投资费用昂贵;(2)动力消耗大;(3)动力和控制全部采用液压实现,传动效率低,一般传动效率为 70%左右;(4)起下钻时间长;(5)进口设备配件不通用且价格高,维护保养要求高,后期维修费用高;(6)一般需整体运输,山区搬迁运输困难;(7)处理孔内事故能力差。

### 2.3 钻机使用操作对比分析

#### 2.3.1 给进操作

收稿日期:2007-05-30

作者简介:刘卫东(1959-),男(汉族),山东汶上人,四川省核工业地质局钻探高级工程师、全国注册监理工程师,钻探专业,从事岩心钻探和岩土工程技术管理工作,四川省成都市滨江中路 18 号,lwdong927@126.com。

立轴式岩心钻机立轴通孔直径较小,取心时必须将主动钻杆提出孔外,钻进过程中必须经常倒杆。国内常用立轴式岩心钻机的给进行程一般为 0.5 ~ 0.6 m,要完成 3 m 长的进尺,要倒 5 ~ 6 次,对于 1000 m 深的钻孔,仅倒杆所花费的时间就要比全液压力头式钻机多用 44 ~ 55 h。

2.3.2 运行平稳性

每次倒杆时,必须将钻机离合器关闭停止转动,钻机的启动和关停是靠离合器来控制的,钻头从静止到达高转速只有 1 ~ 2 s 的时间,立轴式岩心钻机的突然高速转动对于较破碎地层容易使岩心产生机械性破碎或岩心堵塞。

2.3.3 升降钻具

以立轴式岩心钻机(钻进 1000 m 孔深和配以 18 m 钻塔、立轴长度 15 m)和全液压力头式钻机(钻进 1000 m、孔深和配以 9 m 桅杆钻塔、立轴长度 6 m)为例进行起下钻具辅助时间分析对比,立轴式岩心钻机的起下钻时间要比全液压钻机减少 60%。

2.3.4 环境保护

尤其对于西部地区、高原地区,生态环境非常脆弱,一旦被破坏,恢复非常艰难,并且植被恢复成本较高,要求在钻探施工中尽量少占用或不占用原有生态。进口全液压力头式钻机最大部件(柴油发动机)质量就有 800 ~ 900 kg,目前使用进口全液压力头式钻机的单位大多采用整体搬迁,生产厂商也不主张钻机解体搬迁。这就必须修建宽阔的运输道路,使用挖掘机或装载机等大型牵引设备。而机械立轴式岩心钻机可拆性好,单部件质量轻,常用立轴式岩心钻机解体的最大部件质量在 200 ~ 400 kg,方便,适于山区搬迁,只需要修建简易的便道甚至不修便道就可进行搬迁,有利于保护环境。

2.3.5 动力能源消耗

由于液压传动效率低,所以全液压力头式钻机所配备的动力和消耗都大。长年公司 LF90 型钻机配备动力为 149 kW,阿特拉斯 CS14 型钻机所配动力为 153 kW,钻机功深比一般为 113 ~ 124 W/m;而国产 XY-5 型钻机配备动力为 55 kW,钻机功深比为 36.7 W/m。显然在相同钻深能力的情况下,全液压力头式钻机消耗柴油要比立轴式岩心钻机大得多,同时也大大增加了全液压力头式钻机的制造成本和钻探施工成本。

2.3.6 斜孔钻进

就立轴式岩心钻机本身,回转器可以在一个平面内旋转 360°,可以满足各种倾角钻孔的施工要

求,只是受所配钻塔的限制,仅能在一定范围(倾角 < 75°)内进行斜孔施工。

2.4 综合经济效益分析对比

2.4.1 进口钻探设备

以长年 LF90 - PQ 型全液压力头式钻机配 NQ1000 m、HQ200 m、PQ100 m 绳索取心钻杆,配备夹持器、钻具、打捞器、工具等,目前配齐一套要花费约 550 万元人民币。

假设 A:

1 台套 LF90 型钻机平均每年完成钻探工程量 3500 m,每米钻探承包单价按 1000 元/m 计算,平均年经营额为 350 万元,平均利润率按 23.5% 计算,经营期按 10 年计算,标准折现率  $i_c = 8\%$ 。

现金流量见图 1 和表 1。

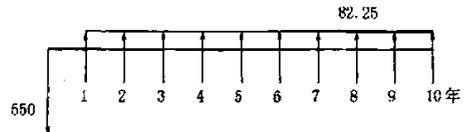


图 1 现金流量图

表 1 现金流量表

年序	投资支出	经营成本	经营收入	净现金流量	现值系数	净现值	净现值累计
0	550			-550	1	-550	-550
1		400	500	82.25	0.926	76.16	-473.8
2		400	500	82.25	0.857	70.5	-403.3
3		400	500	82.25	0.794	65.3	-338.0
4		400	500	82.25	0.735	60.5	-277.5
5		400	500	82.25	0.681	56.0	-221.5
6		400	500	82.25	0.630	51.8	-169.7
7		400	500	82.25	0.583	48.0	-121.7
8		400	500	82.25	0.540	44.4	-77.3
9		400	500	82.25	0.500	41.1	-36.2
10		400	500	82.25	0.463	38.1	1.86

计算净现值 NPV:

$$\begin{aligned}
 NPV &= -645(P/F, 10\%, 0) + 65[(P/F, 10\%, 1) + (P/F, 10\%, 2) + (P/F, 10\%, 3) + (P/F, 10\%, 4) + (P/F, 10\%, 5) + (P/F, 10\%, 6) + (P/F, 10\%, 7) + (P/F, 10\%, 8) + (P/F, 10\%, 9) + (P/F, 10\%, 10)] \\
 &= -550 + 82.25(0.926 + 0.857 + 0.794 + 0.735 + 0.681 + 0.630 + 0.583 + 0.540 + 0.500 + 0.463) \\
 &= -550 + 82.25 \times 6.709 \\
 &= -550 + 551.86 = 1.86
 \end{aligned}$$

净现值 NPV > 0, 可行。

$$\text{投资回收期 } P = 9 + 36.2 / (36.2 + 38.1) =$$

9.487年=9年零6个月。

#### 2.4.2 国产钻探设备

以XY-6B型立轴式岩心钻机配S75绳索钻杆1000 m、S94绳索钻杆200 m,配备夹持器、钻具、打捞器、工具等,假设配齐一套要花费约60万元人民币。

假设B:

1台套XY-6B型钻机平均每年完成钻探工程量2000 m,每米钻探承包单价按860元/m计算,平均年经营额为258万元,平均利润率按10%计算,经营期按10年计算,标准折现率 $i_c=8\%$ 。

现金流量见图2和表2。

计算净现值NPV:

$$\begin{aligned} NPV &= -60(P/F, 10\%, 0) + 17[(P/F, 10\%, 1) + (P/F, 10\%, 2) + (P/F, 10\%, 3) + (P/F, 10\%, 4) + (P/F, 10\%, 5) + (P/F, 10\%, 6) + (P/F, 10\%, 7) + (P/F, 10\%, 8) + (P/F, 10\%, 9) + (P/F, 10\%, 10)] \\ &= -60 + 17(0.926 + 0.857 + 0.794 + 0.735 + 0.686 + 0.630 + 0.583 + 0.540 + 0.500 + 0.463) = 54 \end{aligned}$$

净现值NPV>0,可行。

投资回收期 $P = 4 + 3.7 / (3.7 + 11.5) = 4.24$ (年)=4年零3个月。

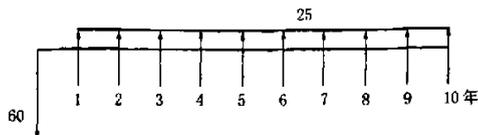


图2 现金流量图

表2 现金流量表2

年序	投资支出	经营成本	经营收入	净现金流量	现值系数	净现值	净现值累计
0	60			-60	1	-60	-60
1		230	172	17	0.926	15.7	-44.3
2		230	172	17	0.857	14.6	-29.7
3		230	172	17	0.794	13.5	-16.2
4		230	172	17	0.735	12.5	-3.7
5		230	172	17	0.681	11.5	7.8
6		230	172	17	0.630	10.7	18.5
7		230	172	17	0.583	9.9	28.4
8		230	172	17	0.540	9.2	37.6
9		230	172	17	0.500	8.5	46.1
10		230	172	17	0.463	7.8	54

通过比较可以看出,两者之间悬殊很大。

### 3 对传统立轴式岩心钻机的改进设想(见图3、4)

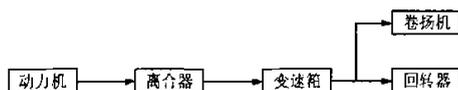


图3 动力传动路线图

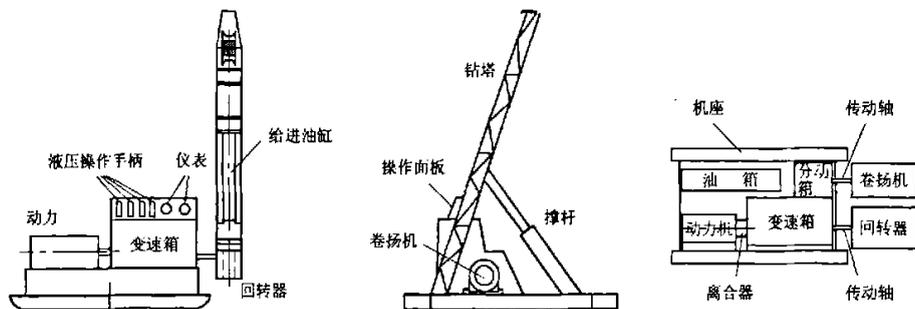


图4 改进设想图

(1)充分利用现有立轴式岩心钻机的高效率机械传动方式和液压控制方式,仍采用六方套和立轴(主动)钻杆;在现有的结构基础上,组合形式由“叠合”组合改为“贴加”组合,分动箱由现有的在变速箱的上方调整为贴加在变速箱的侧(后)面,重新分配部分动力传动方向,也降低了钻机的重心。

(2)借鉴动力头式钻机长行程给进的优点,将立轴式岩心钻机的回转器位置降低,回转器输入轴线与变速箱输出轴线重合,采用长油缸实现给进,立

轴行程2.0~3.0 m。

(3)改进钻塔形式,采用材质轻、强度高的桅杆式钻塔,回转器和桅杆可按着原有调节倾角方式进行倾角调整,实现 $0^\circ \sim 90^\circ$ 之间任意角度钻孔施工。

(4)改变卷扬机的现有位置,调整到桅杆下方,变速箱轴线、卷扬机轴线和天车滑轮轴线平行,且钢丝绳运动方向与桅杆轴线、钻孔轴线平行,有利于钢丝绳能整齐地盘绕,克服了钢丝绳运动方向与钻孔轴线有一夹角会使钢丝绳全叠的缺陷。

(5) 钻机零部件标准化、通用化,采用技术成熟的大型车辆或其他工程机械的离合器、变速箱等。目前已有部分钻机采用了重型汽车离合器、变速箱等市场通用零部件,如核工业西北 210 厂的 HXY-5 型、湖南飞碟公司的 HGY-5 型、衡阳探矿机械厂的 XY-3 型和 XY-4 型岩心钻机均采用通用的汽车离合器和变速箱,离合器采用脚踏方式控制。

(6) 在条件允许的情况下,可考虑新型电机驱动:

① 交流电机电磁离合器调速电机驱动;

② 可控硅整流直流电机调速驱动;

③ 采用变频器控制交流电动机调速驱动,实现无级调速、升降过程机械化,减轻操作人员的劳动强度;

④ 直流电源的直流电机调速驱动。

(7) 增设相应的传感器和参数仪表,应用计算机技术采用集成控制操作各钻进参数,以便指导钻进施工。

(8) 充分发挥和利用社会资源优势,如离合器、

(上接第 69 页)

所配备钻塔总高度为 18 m 可伸缩式桅杆四角钻塔,承载能力强,结构新颖,强度高,很大程度上方便了提拔钻杆,提高钻探工作效率,并可实现 18、13 m 两种塔高的钻探施工需要,还可以缩至 10 m 进行强力提拔。立塔油缸采用两级伸缩式油缸,结构紧凑,位移式传感器可完全保证两个油缸伸缩过程中速度一致,任意时刻位移相等,从根本上解决了油缸工作时产生的同步问题,保证了钻塔起落的平稳性。该型伸缩式钻塔已申请发明专利,发明专利申请号:200710017485.5。

变速箱、桅杆(钻塔)架、液压系统等;与社会上技术、加工力量强的单位协作配合,加强钻机整体装配精度。

#### 4 结语

随着我国经济的快速发展,我国的装备制造业和数控技术已进入了一个全新的时代,制造新型岩心钻机的时代也已到来,我们期待着改进后的符合中国国情的机械传动式岩心钻机在新一轮地质矿产勘查工作中发挥很好的作用。

#### 参考文献:

- [1] 武汉地质学院. 岩心钻探设备及设计原理[M]. 北京:地质出版社,1980.
- [2] 张永勤. 我国地质找矿取心(样)钻探设备现状及提高效能的分析研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2006,(8).
- [3] 刘宝林. 新型交流变频钻机的研制[J]. 探矿工程,1999,(增刊).
- [4] 耿瑞伦. 对我国地质钻探设备发展的建议[J]. 西部探矿工程,1999,(1).
- [5] 郑超. 立轴式钻机的艺术造型[J]. 探矿工程,1986,(4).

#### 5 结论

在《国务院关于加强地质工作的决定》中明确指出:要提高现有地质装备利用率,增强矿产资源勘查核心技术和关键技术的自主研究开发能力。CZP-Ⅲ车载钻探平台的成功开发增强了我所产品的市场竞争力,为地质装备行业增添了一个新技术、新选择。

#### 参考文献:

- [1] 张永勤. 我国地质找矿取心(样)钻探设备现状及提高效能的分析研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2006,(8):45-50.
- [2] 冯德强,等. 钻机设计[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1993.