

# 钻石-600型全液压钻机的研制与试验

桂林冶金地质研究所 勘探技术室

随着我国人造金刚石钻探技术的研究已经取得基本成功,并开始推广应用,就发生了现有钻探设备不适应人造金刚石钻探工艺要求的迫切问题。

许多单位在改造现有钻机上做了很大努力,如提高钻机回转速度等,但都不是彻底的解决办法。为此,我所于1973年与有关单位协作,开展了全液压钻机的研制工作。

第一轮样机于1975年初制成功,进行了约三个月的试验,钻进90余米。同年9月开始第二轮设计,年末制成样机。经调试和试钻,1976年6月在广西215队进行了生产试验。至1977年2月10日止,前后完成三个钻孔,累计进尺1007米,最深钻孔达到600米设计深度。试验过程中,对样机进行了认真的考验、观测,同时对发生的问题进行了研究和改进。

## 一 钻机方案和技术参数

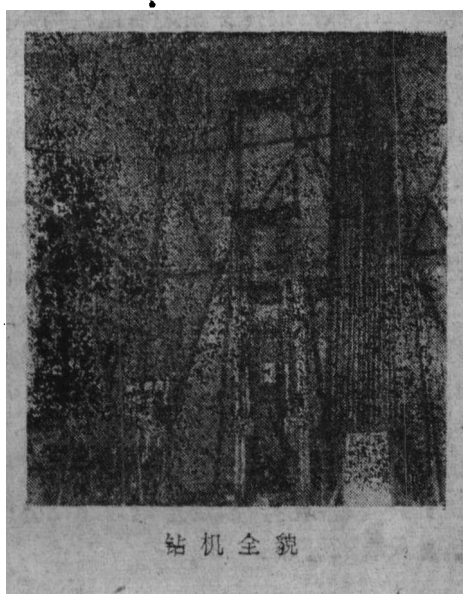
钻机的总体方案是根据如下考虑确定的:

- 1.人造金刚石钻进工艺对钻机性能的要求;
- 2.我国当前液压元件技术水平;
- 3.参考国内外现有钻机的结构和数据。

经过反复分析研究,我们确定钻石-600型钻机的方案为全液压传动,链条倍速无塔提升,活动回转器,油路联动。这一方案的特点是:可以实现高转速和无级调速;可以准确地调整孔底压力;便于配备各种钻进参数仪表;省去几吨重的钻塔,机体轻便,只需二人操作,省力安全。

主要技术参数如下:

|           |                                                                    |
|-----------|--------------------------------------------------------------------|
| 钻孔深度      | 600米                                                               |
| 终孔口径      | 46毫米                                                               |
| 钻孔角度      | 60~90°                                                             |
| 钻杆直径      | 42毫米                                                               |
| 提升能力      | 5000公斤(常用)<br>10000公斤(强力起拔最大能力)                                    |
| 提升速度      | 0.73米/秒(泵排量103升/分)<br>0.86米/秒(泵排量123升/分)                           |
| 提升、给进行程   | 3200毫米                                                             |
| 回转器转速     | 0~2000转/分(齿轮速比1:1.5)<br>0~1500转/分(齿轮速比1:2)<br>0~820转/分(齿轮速比1:3.04) |
| 恒功率调速范围   | 1500~750转/分<br>2000~1000转/分                                        |
| 回转器最大扭矩   | 50公斤米(750转/分)                                                      |
| 给进压力      | 2500公斤                                                             |
| 给进速度      | 1.4米/秒                                                             |
| 主油泵ZBSV75 | 排量75毫升/转<br>额定压力210公斤/厘米 <sup>2</sup>                              |



钻机全貌

|                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 小油泵 310齿轮泵                  | 额定转速1500转/分                 |
|                             | 排量10毫升/转                    |
|                             | 额定转速2000转/分                 |
|                             | 额定工作压力140公斤/厘米 <sup>2</sup> |
| 液压马达 T2M75 $\frac{S}{R.P.}$ | 最高工作压力175公斤/厘米 <sup>2</sup> |
|                             | 排量75毫升/转                    |
|                             | 额定工作压力175公斤/厘米 <sup>2</sup> |
|                             | 最高工作压力210公斤/厘米 <sup>2</sup> |
| 钻机重量 1052.6公斤 (不包括电动机、机械手等) | 额定转速3000转/分                 |
|                             | 其中主机623公斤                   |
|                             | 操纵台111公斤 (包括高压胶管)           |
|                             | 动力部分253.6公斤                 |
|                             | 夹持器43公斤                     |
|                             | 制动器22公斤                     |

## 二 钻机结构

钻机总体分为三大部分:

**1. 动力部分** 由电机、主油泵、小油泵、油箱、冷却器、过滤器等组成。油箱容积136升,比主油泵1分钟流量略多30升。箱内装有冷却器,由100根 $\phi 12 \times 1 \times 510$ 毫米的紫铜管组成。冷却水来自冲洗泵的回水管,流经冷却器后返回水源箱。油箱上装有两个回油过滤器,内有纸质滤芯,外径128毫米,高度230毫米,过滤精度25 $\mu$ 。

主油泵用来供给整个主油路系统的压力油,以驱动液压马达,带动回转器回转和推动油缸活塞升降。小油泵供给夹持器、制动器、卡盘和机械手用的压力油。主油泵和小油泵在油路系统是联通的。

钻机配备的电动机功率为40瓩。

**2. 操纵部分** 即由各种液压阀及仪表盘组成的操纵台。其框架长宽为540 $\times$ 450毫米,上面装有两块铝合金油路板。大油路板是主油泵系统的油路联接板,背面装有多路阀(包括安全阀、回转阀和升降阀),左面装有卡夹控制阀,左前方装有组合阀,是控制下缸工作的。这些阀都是板式联接,结构紧凑。上部还有一个给进调压阀,用以调节上缸的给进压力。在大油路板内嵌有许多小阀,主要有分流阀、背压卸荷阀、单向阀和

单向节流阀等。小油路板是小油泵系统的油路联接板,上面装有分配阀和节流阀,板内还嵌有液控卡夹阀、溢流阀和减压阀。

操纵台右侧还有一个制动阀,是专为控制制动器与夹持器联动的。

整个操纵台的液压阀,除了一个节流阀是外购的标准件外,其余全是自行研制的。阀的性能参数根据钻机需要选定,阀的尺寸形状也做了统一考虑,尽量做到结构紧凑、轻便。

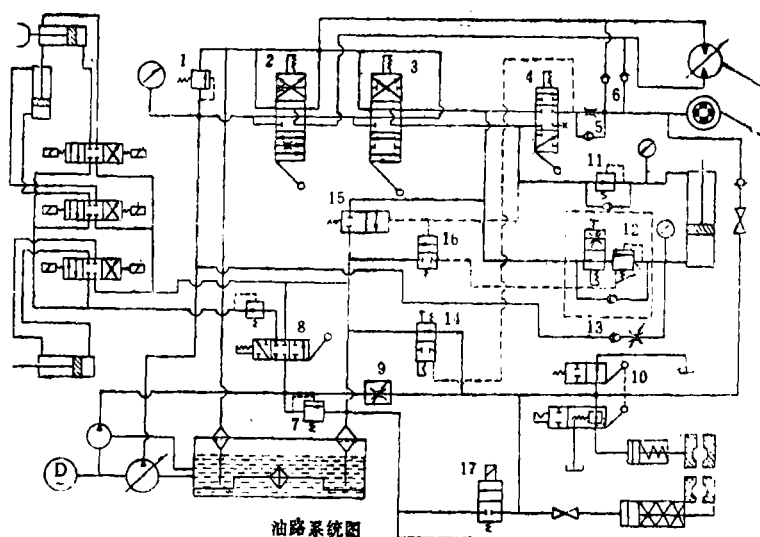
仪表盘安在操纵台的后上部,装有系统压力表、上缸压力表、下缸压力表、小油泵压力表、转速表、钻进速度表、水泵压力表和油温表。

**3. 主机部分** 包括门框形的升降架、回转器、夹持器和制动器等。

升降架是钻机的主架,由油缸、活塞及倍速机构等组成。倍速是通过链条和链轮来实现的,链条的一端固定在升降架上,另一端与回转器连接,活塞杆通过链轮顶着链条中部,从而使回转器以二倍于活塞杆的速度升降。链条的作用力使处于同一个平面内,以避免倾覆力矩的产生。因为有了倍速机构,使回转器升降速度提高了一倍,这时油缸提升能力只发挥一半,即5吨,这对600米钻机来说是够用的。链条与回转器之间是用穿销连接的,如果需要强力起拔,可将回转器降至最下部,拔掉穿销,倍速机构即失去作用,油缸提升能力可全部发挥出来,达到10吨。

调整升降架的角度,可以使钻机打不同角度的斜孔。

回转器既用于回转与拧卸钻具,又可带动钻具上下,起升降、给进钻具的作用。回转器下部是卡盘,内装有胶囊,可通过液压控制其松紧,夹力大,动作灵活。回转器后面装有液马达,是通轴式液压控制变量马达,可根据孔底阻力自动调整转速。这台马达是由华中工学院、湖北冶勘公司宜昌机修厂和我所共同研制的,额定扭矩为20.8公斤米,重量只有34公斤。



升降架的下部装有夹持器和制动器。夹持器采用碟形弹簧直接夹紧，靠压力油松开，功能是常闭式的，夹紧力为7.65吨。试验中曾测定过，一个夹持器的夹紧能力只能夹住350米左右的钢钻杆，因此在深孔阶段工作时需配备两个夹持器。

制动器是为降下钻具用的，结构和夹持器相仿，只是没有碟形弹簧，功能是常开式的，下钻时套在钻杆上，下钻完毕即行取走。

### 三 液压系统

包括主油泵油路系统和小油泵油路系统（如图）。

**1. 主油泵油路系统** 安全阀1用以保证系统的工作压力，最大压力为210公斤/厘米<sup>2</sup>。回转阀2是控制液马达回转用的。阀芯在中位时回油，液马达不转动。推进阀芯，回转器正转，拉出阀芯，回转器反转。压力油进入液马达的同时，还有一股油通过单向阀6进入卡盘，使卡盘抱紧，也就是说不管回转器正转还是反转，卡盘都处于抱紧状态。升降阀3控制进入油缸的油路。回转阀2处于中位时，拉出升降阀3的阀芯，压力油进入下缸使活塞上升，推进阀芯，压力油则进入上缸，使活塞下降。这就是主油泵系统的主要功能。它还有一个作用，就是通过

卡夹控制阀4实现卡盘与升降的配合。提升时，将卡夹阀4的阀芯拉出，在下缸进油的同时，有一股油进入卡盘，使卡盘将钻杆抱紧，而在上缸进油卡盘下降时，卡盘则处于泄油状态，松开下降，如此反复动作即可完成提升工序。若将卡夹阀阀芯推进，这时卡盘就以相反的动作来完成下钻工序。

**2. 小油泵油路系统** 图中7是小油泵的溢流阀。小油泵的额定工作压力为140公斤/厘米<sup>2</sup>，工作时根据孔深情况在80~140公斤/厘米<sup>2</sup>之间任意调定。8是小油泵换向阀，阀芯处于中位时，油流只经过节流阀9进入卡夹系统；阀芯拉出时，油流除进入卡夹系统外，还进入机械手系统，驱动机械手；阀芯推进时，油即返回油箱，小油泵卸荷。

节流阀9的作用是，在卡夹系统卸压时，使机械手还可有必要的压力（例如30~40公斤/厘米<sup>2</sup>）进行工作。小油泵的压力油经过节流阀9后，有三个去向，一是进入夹持器，使夹持器打开，二是进入卡盘，使卡盘抱紧，三是通过制动阀10进入制动器，使制动器抱紧，以便在下钻时制住钻杆。这是小油泵的基本功能。

**3. 加压钻进** 在上缸油路中，有一个给进调压阀11，它实际上是一个减压阀。加压钻进时，升降阀3推进，这时回转阀2的节

流孔中分流过来少量高压油,通过给进调压阀进入上缸,使活塞加压。加压数值由调压阀调定。

**4.减压钻进** 在下缸油路中,串有一个组合阀12,它包括三部分,一是背压阀,二是单向阀,三是二位节流阀。背压阀是调定下缸背压的,可以背住回转器自身重量和钻具全部重量,并用于进行减压钻进。二位节流阀,一位是畅通的,另一位是可调节流的,目的是限制钻具的下降速度,用于扫孔或通过空洞,处理孔内事故时还可以方便的对接钻杆。单向阀是使进入下缸的油不经过节流阀和背压阀,以减少压力损失。

减压钻进时,升降阀3处于中位,靠调整背压阀控制孔底给进压力。如活塞串油,下缸往上缸泄漏量超过钻进速度则背压就建立不起来了,就无法进行减压钻进。另外,一旦背压调小,孔底压力过大,想立即调大背压也不可能。为解决此问题,主油路中引一股油经单向阀和节流阀13联到背压阀和下缸之间,其流量可根据需要调节。卸管时,这股油使活塞上行,可以平衡回转器的重量,有利于减少接手丝扣的磨损。单向阀的作用是,当系统工作停止时,回转器不因本身的重量而下降。

**5.称量钻具** 称量钻具时,需用卡盘在静止状态抱住钻具,为此,我们采取了由小油泵向卡盘供油的办法。称重时,将卡盘截止阀打开,卡夹阀4推到中位,小油泵压力油进入卡盘夹住钻具,将钻具提离孔底,然后调节组合阀的背压阀,钻具缓缓下降到停止,即可称出钻具的重量。

**6.卡夹联动** 该钻机液压系统的优点之一,就是卡盘与夹持器联动。使升降钻具操作大为简化,并缩短操作时间。在深孔钻进倒杆时,可防止钻具全部重量压到孔底。卡夹联动主要是通过液控卡夹阀14来实现的。卡盘采用胶囊结构,是常开的,夹持器采用蝶形弹簧夹紧,是常闭的。如果它们同时充油,就是卡盘抱紧,夹持器打开;同时卸荷,就是夹持器抱紧,卡盘打开。

液控卡夹阀14处于常态时,小油泵的压力油流经它返回油箱,小油泵卸压,夹持器夹紧。阀芯上升时,回油路关闭,小油泵油压建立,夹持器打开。操作程序如下:

(1)升降钻具时,通过卡夹阀4向卡盘供油,使卡盘抱紧,同时一股控制油送到液控卡夹阀下部,将阀芯顶起,切断通道,使小油泵建立油压,将夹持器打开。

(2)回转钻进时,卡夹阀4处于中位,液马达的压力油通过单向阀6进入卡盘,使卡盘抱紧,同时也通过控制油管进入液控卡夹阀下部,使夹持器打开,实现了卡夹联动。

**7.制夹联动** 制动器与夹持器的联动是通过制动阀10来实现的。制动阀基本上是一个带先导阀的比例减压阀。下钻时,开始是先导阀弹簧处在压紧状态,但由于上阀芯打开了小油泵的回油通道,使小油泵的压力建立不起来,这时夹持器夹紧,制动器松开。当制动阀手把向下稍微扳动一点,上阀芯即将回油路堵死,小油泵压力建立,夹持器打开,制动器同时抱紧。手把再往下扳,先导阀弹簧不断放松,压力逐渐下降,使对钻杆的制动力减弱,钻杆下降。待下钻接近终了时,逐渐扳回手把,使制动力加强,制住钻杆。手把扳回到顶,上阀芯即将小油泵回油路打开,小油泵卸压,夹持器抱紧,制动器松开,实现了制夹联动。

**8.下缸回油分流** 下缸面积比上缸面积大一倍,因而在活塞全速下降时,下缸油流就要以两倍泵入量的流量排出。这就加大了升降阀与主过滤器的压力损失,使回油背压增大很多,不但损失了部分功率,还容易使卡盘产生误动作。如果按照这种排油量来设计升降阀,那就必然使阀体过于笨重。为了解决这个问题,我们采取了下缸回油分流的办法,升降阀仍按原来的流量设计,多余的油经分流阀15流回付过滤器。分流阀是一个二位液动阀,平时是关闭的,上缸进油推动活塞下降时,有一股控制油进入分流阀,推动阀芯,使下缸与付过滤器回油路接通,起

到分流作用。

**9. 背压阀卸荷** 组合阀12中的背压阀一般都有较大的背压存在, 需要下降活塞时, 如不及时调节手轮消除背压, 系统就要发出噪音, 功率损失增大, 油温升高。但每次都要调节手轮也很不方便。为此, 采用了背压卸荷阀16。背压卸荷阀也是二位液动阀, 当压力油进入上缸推动活塞向下运动时, 有一股控制油流进背压卸荷阀, 将阀芯顶起, 接通回油路, 使背压阀的先导阀回油, 这时不必调节手轮, 背压阀即可卸荷。

以上是液压系统的主要组成与功能。

#### 四 生产试验情况

第一个生产试验孔为大厂高峰600号孔, 深286.58米。第二个生产试验孔为龙头山423号孔, 深630.32米。

**1. 关于无塔提升** 该钻机采用长油缸实行无塔提升。利用起下钻时各配合动作的联动、倍速装置以及制动器下钻等方法来解决无塔提升出现的立根长度短, 每一个钻孔累计拧卸钻杆次数增多造成的起下钻时间增加的问题。试验实测无塔与有塔起下钻时间对比见表1。

表1

| 钻机型号   | 立根长度<br>(米) | 提钻时间(分)    |            | 下钻时间(分)    |            |
|--------|-------------|------------|------------|------------|------------|
|        |             | 150米<br>孔深 | 600米<br>孔深 | 150米<br>孔深 | 600米<br>孔深 |
| 袖石-600 | 8           | 10         | 44         | 8          | 30~35      |
| XU-600 | 9~13        | 15         | 45         | 15         | 40         |

从表1看出, 该钻机无塔起下钻具所消耗的时间与有塔升降相比略低或接近。而无塔起下钻减少了钻塔安装拆卸、运输的工作量, 又消除了高空作业, 改善了劳动条件, 使钻探设备进一步轻便化。可见无塔提升方式是优越的。

**2. 关于联动性** 提升时只需操作升降手把使处于提升位置, 活塞上升的同时, 夹持器自动打开, 卡盘自动抱紧, 无需摘挂提引器和插垫叉。提升停止, 夹持器自动夹紧, 不需要等下垫叉坐稳的时间, 马上可反转卸

管。下降钻具时各个动作也是联动的。这种联动去掉了很多繁琐工序, 既安全可靠, 又节省时间和人力。

**3. 关于跟管钻进** 跟管钻进是简化钻孔结构, 钻进复杂地层的有效措施。该钻机由于回转器与卡盘连成一体, 且活动行程达3.2米, 这就为跟管钻进创造了有利的先决条件。 $\phi 45$ 毫米套管长度不受钻机限制, 可通过回转器中心孔用卡盘夹住直接进行回转钻进。 $\phi 55$ 毫米以上的套管, 在3米长度内, 可接上钻杆进行回转。

在初试钻孔及600号生产试验孔都遇到破碎、坍塌、掉块的表土层, 采用跟管钻进, 得到了较好的效果。初试钻孔是在坡积层中钻进的, 每次下钻必须扫孔, 套管下不去。经采用小径超前扫, 套管跟的办法, 顺利地解决了问题。在大厂矿区, 表土层比较复杂, 各生产孔一般需下三级套管护孔。该钻机在大厂施工600号孔时, 采用小径超前钻, 偏心钻头扩孔, 套管跟下的办法, 结果用一套 $\phi 55$ 毫米套管顺利地通过了48.5米表土层。可见该钻机能比较简便地进行跟管钻进是一个长处。

**4. 关于钻机结构的简化** 钻机结构简化的途径之一, 是使各工序的同一种运动由一个部件来完成, 即“一器多用”。该钻机在结构上实现了升降与加减压合一, 回转与拧卸合一, 卡盘与提引器合一。这些部件在升降、钻进、处理事故的过程中, 不需更换、摘挂, 通过压力油集中控制, 取得了结构简单、重量小、操作轻便的效果。

**5. 关于用制动器下钻** 该钻机可以用油缸下钻, 但活塞上下速度较慢, 辅助时间长, 所以一般应采用制动器下钻。该钻机采用比例减压的方法控制制动器抱紧钻杆的正压力大小, 以控制钻杆下降速度, 试验证明是成功的。用制动器下钻时, 主油泵处于卸荷状态, 只用小油泵, 这样可以大大降低功率消耗, 同时也大大减少了油缸、活塞等零部件工作量, 从而减少其磨损。试验期间, 正常情况下制动器动作平稳, 但也出现冲击

表 2

| 孔 深<br>(米) | 钻 杆 规 格                   | 系统压力<br>(公斤/厘米 <sup>2</sup> ) | 转 速<br>(转/分) | 最大系统压力<br>(公斤/厘米 <sup>2</sup> ) | 下缸最大压力<br>(公斤/厘米 <sup>2</sup> ) | 功 率 (安培) |     |
|------------|---------------------------|-------------------------------|--------------|---------------------------------|---------------------------------|----------|-----|
|            |                           |                               |              |                                 |                                 | 回 转      | 提 升 |
| 620        | φ42钢钻杆290米加<br>φ43铝钻杆330米 | 150                           | 904          | 150                             | 130                             | 65       | 63  |
| 626        | φ42钢钻杆                    | 175                           | 766          | 175                             | 155                             | 45~50    | 62  |

振动现象,有待进一步完善。为了防止下降速度过快可能造成跑钻事故,还必须完善保险装置。

6.关于机械手 该钻机配有立柱极坐标定点式机械手,以解决移、扶、摆钻杆的繁重工序。第一方案机械手经初步试验,各种动作都实现了,针对动作慢、夹紧力小、上下移动行程短等问题,目前正修改设计,准备进一步试验。

7.关于钻机能力 孔深超过600米时有关钻机能力的实测数据见表2。

由表2可以看出,钻机能力已超过600米,代用的30瓩电动机已接近满载,而系统压力仍未达到允许的最大值—210公斤/厘米<sup>2</sup>。如果按设计要求配用40瓩电动机,钻具转数可进一步提高,会更好满足金刚石钻进的需要。

开孔跟管钻进时,系统压力曾达到240公斤/厘米<sup>2</sup>。处理事故时,在摘掉倍速装置穿销用活塞直接强提情况下,系统压力曾达

到250公斤/厘米<sup>2</sup>,起拔能力达到11.8吨,这对液压元件的强度、密封以及机械部件都是考验,证明均已达到了设计要求。

几个月的生产试验说明,钻石—600型钻机包括配套仪表的研制基本上是成功的。它具有较好的金刚石钻进工艺性能,便于掌握孔内及机械运转情况,机体轻便,联动性好,能满足野外地质勘探工作的要求。但是,还存在一些问题,主要是:系统压力损失偏大,致使功率没能得到充分发挥;机械手功能还不够完善,缺少杜绝跑钻的安全装置;应配备低速大扭矩的回转装置以适应开孔和复杂地层钻进工艺特点。另外,对液压元件的能力和寿命,经济效果等,试验还不够充分。

1977年8月5日,冶金部在广西冶金地质勘探公司215队召开了钻石—600型钻机鉴定会,对该钻机进行了初步鉴定。目前正进入小批试制阶段。

## 澳大利亚的铁矿是怎样发现的

L.汉考克使澳大利亚成为居苏联之后的世界第二大铁矿石生产国。

在汉考克之前,没有人认为澳大利亚会有大型铁矿产。澳大利亚政府则确信国家的铁矿储量不超过2.5亿吨,因此在1938年强令禁止出口铁矿石,这一禁令实施了22年。

今天,即使按保守的估计,澳大利亚的铁矿储量也达到了350亿吨——全部赋存于西澳大利亚的皮尔巴拉地区(据汉考克估计澳大利亚的铁矿储量为1270亿吨)。

1952年11月的一个阴天,当时是皮尔巴拉地区的一个石棉矿股东的汉考克带着他的妻子飞越哈默斯利山脉到南

方去。云层越来越低,汉考克迷失了道路。当他穿过一个峡谷时,突然发现了锈色的岩石墙。十足的铁吗?汉考克惊讶了。

“过了些天,我又飞回来,找到了同一地点,追查了大约70英里。我在周围探索着,终于找到了一个十分崎岖的着陆点,敲了一些石头标本,回到了珀思,我自己作了样品分析,使我大吃一惊的是,它比美国标准的高炉原料的质量还要优良大约2%。我告诉了我的同伙皮特莱特,我们一致同意关于此事保持缄默,直至铁矿石出口的禁令解除。”

以后汉考克以不懈的努力使英联邦和澳大利亚政府解除禁令并在世界上寻找愿意开发皮尔巴拉地区的人。

(据英《采矿工程》1977年29卷1期)