



全液压式岩心钻机

——国外岩心钻机的发展

一般岩心钻机均由回转、给进和升降三大主要机构组成。这三大机构实现了液压传动即为全液压式岩心钻机。目前,地质岩心钻机已经发展到第三代,即所谓全液压式岩心钻机。第一代钻机是手把给进式的;第二代钻机是油压给进式的。

纵观地质岩心钻机的演变过程可以看出,地质岩心钻机是随着钻井工艺水平的发展而发展的。钻井工艺的中心问题就是在保证钻孔符合地质设计要求的前提下,最大限度地提高钻进效率。因此,首先要求钻机的回转机构和给进机构能满足一定钻进方法和适应不同岩层钻进的需要,其次还要求这些机构特别是升降机构能最大限度地减少辅助作业时间。近百年来,岩心钻机的结构基本上是围绕着如何完善回转、给进、升降这三大问题在演进的。四十年代中期以后,金刚石钻头在岩心钻探方面得到了广泛的应用。尤其是近几年来,金刚石钻井工艺更发展到了一个新的阶段,正向着小口径、高转速的方向发展。这就要求岩心钻机的性能必须适应先进钻井工艺的需要。因此,随着机械制造业中液压元件的发展,从五十年代开始,一些工业较发达的国家如美、英、瑞典、加拿大等在岩心钻机的研制方面逐渐广泛地应用了液压技术。六十年代末,瑞典首先研制成功结构上全新的高速全液压式岩心钻机。七十年代初,加拿大、美国等也先后成批生产了全液压式岩心钻机。

一、全液压式岩心钻机的产生

几年前,当第一台全液压式岩心钻机出现时,瑞典一厂商就曾经吹嘘说“这是为钻井而设计的,是经过七年的研究才试制成功的。”这完全是骗人的鬼话。恩格斯曾经说过:“科学的发生和发展一开始就是由生产决定的。”全液压式岩心钻机全然是金刚石钻井工艺和工业技术水平发展到当前阶段的产物,只要剖析一下岩心钻机主要机构的演进历史就可以说明这一点。

1. 岩心钻机给进机构的演进

液压技术在岩心钻机上的应用最先是解决给进机构问题。大约在四十年代初,美国首先制出了水压给进式的岩心钻机即沙利文型钻机。直到二次世界大战后,随着金刚石钻头的大量应用,才逐渐推广使用油压给进式钻机。如加拿大在五十年代初期主要是采用螺旋差动给进式钻机,当时油压给进钻机在全部金刚石岩心钻机中还不超过1%,到目前,几乎全部采用了油压给进钻机,螺旋差动给进机构只在少数油压给进式的坑道钻机上作为一种任选部件。自从1886年瑞典设计成第一台手把给进式岩心钻机以来,关于钻机的给进机构,经研究和提出的方案不下几十种,但在生产上得到应用的却不多。因为不同的给进机构会直接影响到孔底钻头的工作状况。苏联做过这样的实验:用高灵敏度的方法来记录孔底钻头上轴压的变化情况表明,手把给进方式由于钻工的操作熟练程度不同,在10~15分钟内钻头轴压的变化竟相差5~6倍!而油压给进可以相当精确地调节轴压,并能根据孔底钻头对岩石的破碎速度均匀地给进,这一点对金刚石钻头来说尤为重要。此外,油压给进机构简单,操作省力。所以,在普遍推广应用金刚石钻头的情况下,岩心钻机的给进机构终于以油压给进取代了沿用近百年的齿筒手把给进方式。据统计,全世界10到15家主要钻探设备制造公司的产品占世

界总数的80%，生产约600种用于地质勘探的岩心钻机，绝大多数是采用油压给进的。

但是，短行程油缸给进的立轴式钻机并不能完全适应金刚石钻井工艺的特点。金刚石钻进速度快，而且岩心与钻头间隙很小。立轴式钻机不但需要频繁地倒立轴，而且倒立轴必须停车，这就破坏了钻进参数的连续性，往往引起岩心堵塞，严重影响钻进效率。因此，近十几年来美、苏、日等国家都曾研究过不停车自动倒立轴的问题。据报道，美国长年公司曾研究过自动卡盘，试图取消松紧卡盘工序，还研究过连续给进机构以便在倒立轴时使孔内岩心不受扰动，防止岩心堵塞，但至今未见用于生产。六十年代末，日本研制成三种型号的自动连续给进立轴式钻机，即TVS、TVM和TVL型。同期，苏联也研制成功CBA-500和CBA-800型不停车自动倒立轴的油压给进金刚石岩心钻机。其立轴配有上下两个油压卡盘，以接力的方式进行不停车自动倒立轴。但是，这种立轴结构复杂，而且受钻机高度、重心稳定和高速回转时振动的限制，其给进行程不可能设计得很长。如CBA-500型钻机的有效给进行程只有400毫米，CBA-800型的也只有500毫米。即便使立轴给进行程设法加长到1.5~2米，生产效率也只提高3~4%，而为了解决钻机高速回转时的振动问题，立轴结构则复杂得多，且制造成本增加25~30%。可见在传统的立轴式钻机上想实现长行程不停车给进是有其局限性的。因此，要实现长行程给进又要避免高速回转时产生振动，就必须在钻机结构上采取根本性的改革。目前，配合动力水接头式回转器的应用，有些现代全液压式岩心钻机采用了固定式长油缸给进机构，如瑞典托拉姆2×20型钻机，给进行程长1.5米；加拿大J.K.S-400和J.K.S-500型钻机给进行程均为1.5米。但长油缸加工较困难，有的钻机则采用油缸链条差动机构，可使给进行程相当于油缸长度的两倍，如瑞典泰美克250型钻机给进行程为1.6米。还有的现代钻机采用大刚度给进架、油马达直接驱动封闭链式给进机构，如泰美克1000型钻机给进行程长达6米。

实践证明，长行程给进机构比之不停车自动倒立轴的短油缸给进机构优越得多，可以有效地防止岩心堵塞，提高钻进效率。如泰美克1000型钻机，其给进行程长达6米，生产效率比现有金刚石岩心钻机提高40~60%；而苏联的CBA-500型钻机虽实现了不停车自动倒立轴，但给进行程只400毫米，其生产效率与同级ЗИФ-300M型传统立轴式钻机相比，只提高30%。

2. 岩心钻机回转机构的演进

岩心钻机回转机构的演进经历了由不变速到变速，由低速到高速，由多变速到无级变速的过程。最初的金剛石岩心钻机（KA-500型）的转速只几十转，而且不能变速，到1925年才加装变速箱改进为KAM-500型。而现代金刚石岩心钻机的转速已高达2600转/分，金刚石坑道钻机在钻小口径浅孔时转速甚至高达3000转/分以上。转速提高的原因，一方面是由于金刚石钻进岩心采取率高，可以尽量缩小口径以提高效率降低成本，为了保持金刚石刻取岩石的线速度就需要提高回转速度；另一方面，随着廉价细粒金刚石的应用而出现孕镶金刚石钻头，由于其出刃小也要求提高回转速度才能发挥其钻进效能。钻机转速提高以后，也仍然要保留较低的转速以适应某些特殊钻进工艺的需要，例如新钻头下井有一段扩孔过程，或套残留岩心等都要开慢速，这就要求转速的调节范围大，所以有些较新型的金剛石岩心钻机的变速挡数多至8~16挡，如瑞典D-500、D-750型钻机等。但是，生产经验指出，每回次提取岩心之后重新下钻开始扩孔和套残留岩心时必须轻压慢转，待钻头扩孔到底再逐渐增加转速，若采用停车换挡增速的办法，操作不慎往往损坏金刚石钻头和造成岩心堵塞，这是提高金刚石钻进效率的一大障碍，较理想的办法就是不停车无级变速。

关于岩心钻机回转机构的无级变速问题，据文献记载是从四十年代起就开始研究了。最

初是采用机械无级变速装置,如苏联3ИФ-150A型钻机,采用的是三角皮带式无级变速器。由于传动功率损失大,外廓尺寸不紧凑,零件寿命短等原因而没有推广应用。大约在五十年代末,仿效石油钻机的经验在岩心钻机的传动链上开始应用了动液力传动 主要是涡轮变矩器,如苏联БСК-3型钻机和改装的3ИФ-650A型钻机上都曾试用过涡轮变矩器。实验研究结果表明,由于调速性稍差,为了达到一定调速范围还需另加齿轮变速箱,机构体积大而且结构复杂,调到低速时扭矩下降很多,另外,起动与调速时间长,功率损失大,效率低,不经济,所以在传动功率不大的中深岩心钻机上采用涡轮变矩器这种动液力传动方式是不合适的。直到五十年代采用液压马达直接驱动回转器才比较理想地解决了钻机回转机构的不停车无级变速问题。

3. 岩心钻机升降机构的演进

岩心钻机的升降机构分为有塔升降和无塔升降两大类。

有塔升降机构最常用的是卷筒钢绳升降机构。这种升降机构已经沿用了近百年了,到目前只是在卷筒的传动方式上有所改进。最早用的是摩擦锥传动,如KAM-500型手把给进钻机,不但机构笨重,而且操作很不方便。还有摩擦槽轮传动,如KA-2M-300型钻机,结构虽简单,但操作很不灵活。稍后才发展游星齿轮传动卷筒,结构稍复杂,但操作平稳、灵活而且可靠,所以至今广泛用于油压给进钻机上。在其它自行式或可移式钻机上也有用万向轴,蜗轮蜗杆,链条或三角皮带传动的。在大口径转盘钻机上或冲击钻机上,卷筒转速不高,用多片摩擦离合器接合起动卷筒的也很多。在长年34型油压钻机和加拿大J.K.S500-型全液压式岩心钻机上还采用一种独特的内胀摩擦式起动卷筒的装置,借用汽车标准零件,结构紧凑,动作平稳、可靠。

属无塔升降机构有对称循环链式挤夹升降器,油缸式和杠杆式钻杆提拔器,以及现代全液压式岩心钻机上所采用的油缸升降机构等。对称循环链式挤夹升降器苏联和瑞典都做过试验,由于提升能力有限,钻杆磨损严重,可靠性差,所以一直没有得到应用。钻杆提拔器通常是用在钻进深度不超过150~200米的浅孔钻机上,如瑞典、加拿大、日本等大多数坑内风动钻机都配有这种风缸式钻杆提拔器,瑞典的D-75型普查钻配的是手动杠杆式钻杆提拔器。钻杆提拔器结构简单、轻便,但升降速度慢,效率低,所以使用范围小。利用给进油缸进行钻具的提升,另配制动器进行钻具的下降,这种机构最初见于苏联1961年试制成功的БСК-3型浅孔岩心钻机上。自从不提钻取心技术得到广泛应用以来,在钻井过程中钻杆柱的升降次数减少了,因而在现代全液压式岩心钻机上配合动力水接头式回转器与长油缸给进机构的应用,同时考虑到坑道钻进水平或向上孔时钻杆的拉送问题,其升降机构趋向于与给进机构合一,即利用给进油缸或给进链进行钻具的升降,例如瑞典托拉姆2×20、泰美克250、泰美克1000以及加拿大J.K.S-400, J.K.S-500型等动力水接头全液压岩心钻机都是用给进机构升降钻具的。须要指出的是,在进行地表钻进而同时采用轻合金钻杆的条件下,钻杆柱下降惯性不大,为了加快下钻工序,缩短辅助作业时间,在瑞典的钻探施工中,使用托拉姆2×20型钻机时则配用制动器来下降钻具。有的现代全液压岩心钻机如长年HC-150型钻机仍采用卷筒式升降机构。

综上所述,岩心钻机三大主要机构的发展过程是与金刚石钻进工艺水平的发展密切相关的。换句话说,长行程给进方式,动力水接头式无级变速回转器,以及与给进合一的升降机构,较为适应当前金刚石钻进工艺的特点,因此,这三大机构的联系就构成了现代全液压式岩心钻机的雏形。马克思主义者认为人类的生产活动是最基本的实践活动,是决定其他一切活动的东西。可见现代全液压式岩心钻机的出现,完全是几十年来金刚石钻探工程施工

生产实践的产物，绝不是象某些资本主义国家厂商胡诌的那样，只是“专家”经过多少年的研究而试制成功的。

二、全液压式岩心钻机特点

目前有两种类型的全液压岩心钻机：一种是立轴式的；另一种是动力水接头式的。

立轴式全液压钻机仅仅是其主要部件如回转器，给进机构和升降机采用液压传动实现无级调节，而结构上仍保留了一般立轴式钻机的设计布局，因而机械化和轻便化都受到很大限制，如拧卸钻杆需另配液压拧管机等，钻机机体笨重；更主要的是不能完全满足金刚石先进钻井工艺多方面的要求，所以没有发展前景。属于这种类型的有澳大利亚20型、F100F式钻机。

动力水接头式全液压钻机是一种全新型的钻机，它在结构上完全打破了传统立轴式钻机的设计布局，采用液压马达直接驱动回转器——即动力水接头，实现钻具转速的无级调节和拧卸钻杆机械化；采用长油缸或液压马达直接驱动封闭链式给进器，取消了立轴和主动钻杆，实现了长行程不倒杆给进；升降机构与给进机构合一，可以省去钻塔、卷筒、钢绳、游动滑车和天车等，实现无塔升降；主要部件采用液压传动，便于单独驱动，易于实现组合化。例如，为了采用绳索取心钻具可另配液压马达单独驱动的绳索取心绞车；为了适应不同的钻进方法可临时更换不同规格的回转器，不但扩大了钻机的使用范围，而且使钻机易于拆装，便于搬迁。

从操作上来讲，全液压钻机不但使各操纵手把能集装在单独的控制台上，实现集中控制，操作安全（这一点对坑内操作尤为重要），而且对各工序的操作具有联动性，即可以自动连续完成互相衔接的特定工序，简化了操作程序。

动力水接头式全液压钻机除上述结构上和操作上的特点外，还具有钻进工艺性能好的特点。主要是：

1. 回转器可无级调速，而且调速范围广，对各种钻进方法适应性强，既满足不同类型岩石破碎工具（金刚石钻头、合金钻头、刮刀钻头、螺旋钻具、孔底冲击回转钻具等）的要求，也满足不同岩层钻进工艺的要求。

2. 实现长行程不倒杆钻进，可以有效地防止岩心堵塞，既提高了岩心采取率，又提高了钻进效率。

3. 钻进时，钻具的对中性良好，如长年HC-150型和泰美克250型钻机，其回转器都配有液压自动定心卡盘，最高转速可分别开到1935转/分和2100转/分；钻具的导向性好，基本消除了主动钻杆所引起的振动，如托拉姆2×20型钻机，当钻具转速开到2000转/分时，孔口以上钻柱没有发生明显的振动。钻具高速运转平稳，很有利于延长金刚石钻头的使用寿命。

4. 升降与给进机构合一，解决了坑道钻进中打水平或向上孔时钻杆拉送的机械化问题，所以有些动力水接头式全液压钻机可作为地表和坑内钻进两用。

总而言之，动力水接头式全液压钻机不但总体结构较简单、轻便，操作联动、安全，钻进工艺性能好，还为其他辅助工序的机械化自动化提供了很好的条件。如泰美克1000型钻机，除自动拧卸钻杆外，还装有液动钻杆排放架，操作者坐在操纵台前即可完成全部钻进工序和钻杆的拧卸、排放等辅助工序，基本实现了一人操作。

（光 虎）