

岩心钻机传动方式对比分析

谈 耀 麟

岩心钻机的传动方式经历了由机械传动、半液压传动到全液压传动三个发展阶段。诚然,全液压岩心钻机具有一系列的优点,但是否就是今后唯一的发展方向呢?对此,各国钻探界仍有不同的看法。瑞典、美国等极力推崇全液压钻机;加拿大则有人主张在全液压钻机设计中保留部分机械传动;苏联还有人提出了电传动的问题。现就国外岩心钻机在传动方式上的最新进展作些初步分析。

液 压 传 动

液压传动技术用于岩心钻机已有几十年的历史。在初期,液压传动只是用来代替钻机个别部件的机械传动,例如液压给进系统、液压卡盘、钻机后移液压机构,以及液压卸扣钳等等。但是,自从全液压岩心钻机问世之后,液压传动技术在岩心钻机上的应用已由这种低级阶段向提高钻机功能的高级阶段发展。这种发展趋势突出地表现在以下几个方面:

一. 液压卡盘取代机械卡盘,不但杜绝了工伤事故、跑钻事故,解决了钻杆振动等问题,而且使钻机纯钻时间提高了15%。

随着D I A M E C系列钻机的研制成功,出现了结构简单的胶囊作用式液压卡盘。它为全液压钻机的联动操作提供了有利条件。

1984年10月,在澳大利亚举行的D R I L L 84钻探会议上,长年公司展出了一台最新研制成功的L M 37型坑道全液压金刚石钻机,其卡盘的结构设计又有了新的突破。这种卡盘是液压活塞直接作用式的,靠碟形弹簧打开,具有如下优点:

1. 取消了传统液压卡盘中的斜面机构和易发热而且易损坏的推力轴承,结构紧凑、简单,外形尺寸较小。

2. 采用径向布置的液压活塞,直接对卡瓦施加径向力,与传统液压卡盘的轴向活塞加斜面机构相比,提高了机械效率,卡盘有效功率可达25马力,有利于强力规程钻进。

3. 由于能产生较大的径向力,所以有条件使用平面卡瓦,卡夹钻杆比较平稳,避免冲击载荷。在钻杆由静止到回转的加速过程或由回转到停止的减

速过程中,钻杆表面与卡瓦之间如果有少量受控制的打滑是有好处的。因为如果卡盘产生突然而完全夹紧的动作,势必对钻杆和钻机的有关部件产生很大的冲击载荷。

4. 当卡瓦和钻杆受到一定磨损之后,这种新型卡盘的夹紧力不会受影响。传统的液压卡盘由于斜面机构的固有缺点,卡夹力受到一定限制,因此往往要配用齿面卡瓦,齿面卡瓦是靠齿的微量压入来卡夹钻杆的。因此,任何滑动都会拉伤钻杆表面,而且当卡瓦的齿面和钻杆表面磨损到一定程度,由于斜面机构行程的变化(对靠弹簧夹紧的卡盘而言),夹紧力则明显降低。

5. 新型卡盘的使用寿命比胶囊作用式液压卡盘要长得多,而且更换卡瓦比较简便,油路系统不受影响。

二. 拧卸钻杆是一项繁重的体力劳动。早期的液压给进钻机,有的配备液压卸扣钳,如长年38型钻机。这种卸扣钳只是在提升钻具时用于扭松钻杆丝扣,对提高生产效率并不起多大作用。

1980年,美国长年公司研制成功液压拧管机,可用于垂直孔至45°斜孔,不但能拧管和卸管,更重要的是拧管时能施加适当的预扭矩,从而提高了钻杆的使用寿命。实践表明,钻杆发生疲劳断裂的主要原因是接头拧紧时没有足够的预扭矩。一般来说,较大直径的钻杆如C Q和C H D系列的绳索取心钻杆,所需的预扭矩为345公斤米,而上述拧管机的扭矩可达387公斤米,不但减轻了钻工的体力劳动,而且使升降钻具的时间大为缩短(拧卸一个接头的的时间约为8秒钟)。在美国亚利桑那州的一个钻探工地,提升365米H C Q规格的绳索取心钻杆柱,用这种液压拧管机卸扣,只需65分钟,而人工卸扣大约要用4个小时。除此之外,一旦钻头变钝,钻工愿意及时提钻,不至于为了把提钻工作留给下一班而在孔底拖延时间磨钻头,从而有利于降低施工成本和提高进尺。不过这种液压拧管机结构比较复杂,另配操纵台,总重达297公斤

长年公司的一位钻机设计师I. N. Paech曾经提出过这样的论点,认为今后全液压岩心钻机应具有全自动钻杆操纵系统,只需一人甚至不用人操作。

三、第一台全液压岩心钻机是在六十年代中期投入使用的。进入八十年代以来,全液压岩心钻机的功能又有新的提高。

1. 液压系统的工作压力在逐步提高。最早的全液压钻机TORAM 2×20型的液压系统工作压力为140巴(1巴=1.02公斤/厘米²),到了七十年代,DIAMEC250型为175巴;DIAMEC251型的为200巴,液压系统工作压力的提高,意味着钻机能力的提高。DIAMEC251型钻机的结构部件与DIAMEC250型基本相同,只是加大了动力机功率与油泵压力,液压系统工作压力提高了25巴,从而使钻进能力提高了56%。以43毫米铝合金钻杆为例,DIAMEC251的钻进能力为500米,而DIAMEC250只有320米。到了八十年代,液压系统的工作压力更有明显的提高。同一系列的DIAMEC260型钻机的液压系统工作压力已提高到250巴。ONRAM—500型金刚石岩心钻机与TORAM 2×20型全液压钻机都是同一家瑞典公司(HAGBY BRUK)设计的,但ONRAM—500的油泵最大工作压力为250巴,比六十年代设计的TORAM2×20的大得多。加拿大JKS公司七十年代生产的JKS500型全液压钻机油泵的工作压力只有102巴,而1984年设计的JKSSUPER300U型坑道全液压岩心钻机液压系统最大工作压力提高到172巴。七十年代美国长年公司设计的HC—150型全液压钻机的液压系统工作压力为206巴,1984年该公司研制成功的LM37型金刚石岩心钻机的油泵最大工作压力达到350巴。比利时DIAMANT BOART公司的新型全液压岩心钻机的液压系统最大工作压力也有明显的提高,如DBH700的为320巴,而DBH1500高达400巴,比初期液压系统的工作压力提高了好几倍。

从另一个角度来看,钻机液压系统工作压力的提高,也反映了液压元件的设计制造水平和使用性能均有了很大进展。更重要的是,它促进了全液压钻机控制方式的改变。长年公司设计的LM37型钻机即采用间接控制方式代替传统的直接控制方式。所谓间接控制方式即操纵台不与钻机直接相连,而是用较小直径的低压油管与安置在动力机组上的主控阀和油路逻辑元件相连;动力机组则用一般的高压油管与钻机直接相连。操纵台上只装着小型的低压控制阀,由此发出液压指令信号给动力机组上的主控阀来控制钻机。这种间接控制方式可以使操作人员免遭高压油管爆裂的伤害。另外,由于减少了

高压油管的数量,提高了油路系统的效率,操纵台轻巧得多,便于搬迁。

2. 坑道全液压钻机对钻具的拉送速度提高了。为了减少辅助作业时间,提高钻机的生产效率,重要措施之一就是提高钻具的拉送速度。以DIAMEC系列钻机为例,最早的DIAMEC250型钻机的钻具拉送速度只有0.33米/秒,DIAMEC251提高到0.7米/秒,而DIAMEC260则高达1.10米/秒。在坑内钻进中,用DIAMEC251型钻机往钻孔内送进或从钻孔中拉出200米长的钻杆柱,包括拧紧和卸开接头和摆放钻杆单根的时间在内,约需15分钟,也就是说拉送钻杆柱的平均速度为13.3米/分,而DIAMEC260型钻机则达到25米/分。这一数值是钻进垂直孔或70°斜孔,使用43毫米直径、6米长的铝合金钻杆时标定的。

其他类型的坑道钻机也有提高钻具拉送速度的趋势。如ONRAM—500型钻机的钻杆拉送速度为1米/秒;长年LM37型钻机的钻杆拉送速度为0.74米/秒,一般拉送60~70米长的钻杆柱约需5分钟(包括拧、卸和摆放时间在内);比利时DIAMANT BOART公司设计的DBH700型钻机滑动回转器的往返滑动速度甚至高达1.3米/秒。

钻机的回转器要达到这样高的往返滑动速度,需要解决两个问题:一是采用什么样的方案比较合理而且经济;二是如何确保操作安全而不发生冲击。瑞典的DIAMEC260型钻机采用的是两个油缸串联或并联工作的方案。串联时,回转器的往返滑动速度可达1米/秒以上;而并联时则可获得较大的给进力,达到4.5吨。为使油缸串联或并联工作,在操纵台上设有选择阀。这种新型给进系统目前已取得专利权。其特点是采用双油泵工作的。大油泵用于回转器的回转和钻杆的拉送运动,小油泵则用于钻进时的给进运动,给进与回转互不干扰,而且即使大泵的排油量稍小也仍能获得较高的往返滑动速度,不影响给进力。例如,ONRAM—500与DIAMEC260型钻机,前者采用单油泵,后者采用双油泵,油泵工作压力均为250巴。由于DIAMEC260型钻机采用两个油缸串/并联工作方式,即使油泵排油只有65公升/分,也能使钻机获得高达1米/秒的拉送钻杆速度和4.5吨的给进力;而ONRAM—500型钻机达到同样的拉送钻杆速度则配用了一台排量为110公升/分的油泵,给进力也只能达到2.6吨。

关于回转器以超高往返滑动速度来拉送钻杆时

如何保证操作安全的问题, 长年LM37型钻机采取的措施是使给进油缸两端具有缓和作用。即使回转器以快速往返滑动, 在行程终了时也能自动平缓减速。这样, 操作人员进行全行程全速操作时不必担心造成冲击。

3. 简化钻机液压系统故障分析的工序。全液压岩心钻机在投放市场初期, 没有得到迅速推广应用, 其原因之一就是液压系统一旦出了故障, 需要受过专门训练的维修人员来处理。另外, 在检查故障时要大拆大卸, 既费时又容易使油路系统中混入尘砂, 造成故障的恶性循环。为此, 1984年长年在设计LM37型钻机时, 在液压油路系统上装备了多路测量仪器隔离器, 通过旋转滑阀的作用可以读取油路系统中十个不同关键压力点的工作压力值, 以便检修人员能够合理地, 按部就班地分析油路系统的故障, 无需打开全部油路, 既防止了外界杂质混入油路系统, 又能迅速找出故障所在, 大大减少了停机时间。此外, 液压系统中全部液压阀都安装在油路板上, 可单独卸下, 拆装、检修均十分方便。

4. 液压技术除用于传动钻机的全部工序之外, 还用于传动其他辅助设备。例如ONRAM—500型钻机, 除本身实现了全液压传动之外, 给进架变角机构、绳索取心绞车、以及水泵等都采用液压传动, 而且均由操纵台控制。这样无论是钻进工作还是拉送钻具作业, 由一人在操纵台上操作都能得心应手, 而且能保持较高的钻进效率。前几年, 有两台长年LM37型钻机在澳大利亚同一个矿区进行了对比试验, 一台由两人操作, 使用LTK46钻具和孕镶金刚石钻头, 一个班(8小时)钻进了77.7米; 而另一台由一人操作, 在同样时间内钻进了74.2米。可见, 钻机及其辅助设备采用液压传动并实现集中控制, 不但提高了生产效率, 而且可以减少操作人员。不过, 这个问题有些钻机设计制造厂家与用户各持不同的看法。钻机实现一人操作虽然可以减少劳工支付费用, 但有些地方的法律和条例规定, 钻机必须有两人操作, 特别是坑内钻机, 这主要是考虑操作安全性。

液压驱动和机械传动

1982年在加拿大SUDBURY举行的联合国地区间矿业钻探学术讨论会上, 有人提出在全液压钻机设计中要保留一部分机械传动的问题。人们把这种传动方式称之为液压岩心钻机设计的保守性进展。例如加拿大HEATH AND SHERWOOD

公司的HSS—150型超深岩心钻机的回转器, 就是采用液压马达通过三角皮带减速传动的。

对于多功能钻机来说, 由于钻进工艺上的要求, 转速和扭矩都要求有较大的调整范围。在这种条件下, 保留部分机械传动还是有好处的, 也是必要的。

澳大利亚沃曼公司于八十年代初研制成功的“万能”系列钻机, 其回转器和绞车就是采用液压驱动加机械传动方式。“万能”系列钻机是一种多功能钻机, 可以采用多种钻进工艺方法和螺旋钻具钻进、泥浆护孔回转钻进、空气吹井回转钻进、孔底冲击锤钻进、金刚石钻进以及双管钻进等。因此, 其设计参数有比较全面的考虑, 除了有较高的液压传动效率外, 还要求转速有较大的调整范围, 而且要有足够的扭矩来满足无岩心回转钻进的需要。为此, 钻机的回转器是通过液压马达与行星齿轮减速器来传动的。这样, 回转器便有两档速度范围, 靠高/低速选择手把来控制。金刚石钻进时选用高速档; 孔底冲击锤钻进时则选用低速档。另外, 回转器的液压马达还配有调节手轮, 以便在钻进过程中随时调节转速。在钻机的主绞车卷筒轴上也安装了行星齿轮减速器。在减速器的输入轴上安装保险盘式制动装置; 弯轴式轴向活塞液压马达直接连到制动装置的输入端。液压马达上装有一个结构简单而又十分灵敏的控制装置, 使绞车在较小的提升力时获得较高的提升速度, 而在较大的提升力时具有较低的提升速度。因此在提升钻杆时, 可以充分利用柴油机输出的恒定最大功率。液压驱动加机械传动可以起到取长补短的作用。

可控硅整流电传动

苏联和世界上大多数地区一样, 岩心钻探通常都用液压给进的立轴式钻机。值得注意的是, 苏联在金刚石岩心钻机的电力传动和电气装置方面也进行了多年的研究工作, 并已得到了初步应用。具有代表性的是СКБ—7型钻机。这是一种液压给进立轴式钻机, 但配有一整套ТП—1200/200—У3型无级可调电传动装置, 包括可控硅整流可逆和不可逆电动机组、继电器柜和电气操纵台等。

钻机立轴装有两个液压给进油缸和两个卡盘。上卡盘是弹簧液压作用式的, 下卡盘是液压作用式的。立轴的回转则采用电传动而不是液压传动, 以可控硅整流器传动装置实现钻头转速的无级调节。这种传动方式与交流电机有级变速传动方式相比, 优点是当钻机启动时可以避免对钻具产生冲击载荷,

并消除钻机传动轴的剧烈振动。

钻机升降机也是借助于可控硅整流器传动装置实现钻具提升速度的无级调节的。驱动立轴和升降机均用Д—812型可逆他激式直流电机,驱动水泵则用П—81型不可逆他激式直流电机。

СКБ—7型钻机采用可控硅整流传动装置很重要的特点,就是向钻孔下放钻具时,可以把电能反馈到电网中,钻具越重,反馈的电能也越大。据报道,使用这种钻机,机械钻速可达2.5米/时,而在同一个矿区用普通岩心钻机钻速只有1.8米/时,提高了38%。

全苏勘探技术研究所也研制过一种直流可调电力传动装置,配有功率为100千瓦的可控硅整流器,于1972年先后在СБА—500和ЗИФ650型钻机上进行了试验,用01А3型钻头,立轴转速700转/分,钻进孔深360米,岩石可钻性Ⅸ级,平均机械钻速为2.2米/时,比不用可控硅整流器调速时提高15~20%。

以上初步试验结果表明,可控硅直流电传动能够改善钻机对钻进工艺的适应性,从而提高钻机的生产效率。

苏联沃兹德维仁斯基博士极力主张钻机采用可调电力传动。他认为目前全液压动力头式钻机所用的液压马达具有降速扭矩特性,也就是说随着钻进扭矩的增大,转速逐渐降低,影响机械转速。所以他认为可调电传动与液压传动,同样具有控制与效率上的优越性。

目前,苏联推荐用于传动钻机的直流电机有九种,但都比较重。如СКБ—7型钻机的升降机和立轴采用Д—812型他激式直流电机,钻机总重为4900公斤,水泵采用П—81型他激式直流电机,总重为1250公斤(直流电机本身重385公斤)。因此,由СКБ—7型钻机等组成的УКБ—7П型成套钻探设备总重达25000公斤,搬迁只能靠特制的运输底座和平板挂车。

* * *

以上介绍了钻机的液压传动、液压驱动加机械传动和可控硅直流电传动的发展和使用情况。可控硅直流电传动在岩心钻机上的应用,只有苏联在这方面做了一些研究工作,而且只限于在中深孔和深孔钻机上做了试验,目前定型的只有СКБ—7型钻机。因此,可控硅直流电传动是否象液压传动那样适合用于中小型岩心钻机,值得进一步探讨。其他国家虽然还没有开展这方面的工作,但有些钻探

设备制造厂家如南非的STEEL ENGINEERING公司已开始考虑扩大电传动在岩心钻孔上的应用问题,因为在某些钻探施工环境中,例如在严寒地区进行钻探施工,使用液压传动钻机会带来一定困难。芬兰在一个磷灰石露天矿采用电驱动和电气控制的爆破孔钻机取得了良好的效果,平均日进尺达240米(每日两班,每班8小时)。特别应引起重视的是,电子技术的应用在其他工业部门发展迅速,采矿部门也正在开始应用。加拿大DYNATEC采矿公司目前采用了一台ATLAS COPCO公司制造的JARV R2000型半自动天井钻机来钻进3米直径的充填天井。这是第一台用电子计算机监控的天井钻机,其进尺速度超过0.9米/时,比普通钻机提高50%。苏联也有人提出要在钻探领域应用微处理机使钻进过程实现最优化和自动化。从这个意义上说,电传动和电气控制在岩心钻机上的发展前景是不可低估的。总而言之,对岩心钻机传动方式的优缺点问题,除了从钻进工艺上进行分析之外,还应从施工条件、钻进功能等方面进行全面评价。

参 考 文 献

- [1] Proceedings - Drill '84
- [2] DIAMEC 250/251 - Two Efficient, Easy-to-operate hydraulic Diamond Core Drills for Mining and Construction
- [3] DIAMEC 260 - A New, Fully-hydraulic Diamond Core Drill of Component Design
- [4] DBH 700 - high speed fully automated hydraulic core drill
- [5] Triefus ONRAM - 500 diamond core drill
- [6] Longyear LM 37 diamond cord drill
- [7] Anders Oden: Modern Developments in Exploration Drilling
- [8] Е. А. Козловский и т. д., Справочник инженера по бурению геологоразведочных скважин, НЕД РА, 1984
- [9] 刘广志: 联合国地区间矿产工业钻探学术讨论会汇报, 1982
- [10] Construction, Civil Engineering, Mining, September 1984
- [11] Г. В. 切尔尼克著, 朱栋梁等节译, 金刚石钻探的电力传动和电气装置
- [12] Mining Magazine, January 1984