

立轴式液压钻机给进系统浅析

李大民 吴沐陵

(中国矿业大学地质系·徐州市)

立轴式液压钻机当前在应用中存在的一些弱点,主要来自给进系统。本文就此阐述了笔者的见解,还提出了调速回路的新构想。

关键词 立轴式液压钻机 给进系统 调速回路

液压技术在钻探设备上的应用,经过几十年的发展,基本上形成了机械传动、液压给进的典型模式。实践证明,这种结构能较好地满足一般钻探工艺要求。但随着钻探理论研究的深入和钻探工艺的进步,这种钻机也逐步暴露了一些弱点和结构设计方面的不足。这些问题主要表现在给进系统上。

液压给进系统的不足主要表现在以下几方面:

1.对于采用什么样的给进调速系统,才能更好地满足钻进工艺要求,还没有公认的最优设计。

2.给进行程短。

3.液压仪表和控制程度不高。

分析探讨

钻机液压给进系统的性能,是评价液压钻机的重要依据。液压立轴式钻机能否适应钻进工艺的发展,主要体现在液压给进系统上。对给进系统评价的主要标准是:①与多工艺钻进发展相适应;②给进功能符合岩石破碎规律。给进系统的功能是控制给进力和给进速度。根据岩石破碎研究成果,轴向压力和切向力之间存在着最优比值,在此比值下破碎岩石的体积最大,效率最高。故轴向压力与回转速度有一个合理的配合关系。根

据优化钻进原则,要求给进系统能够控制每转切入量,让每转切入量保持在一个最佳值 Δh_m 附近。对于不同可钻性的岩层和不同钻头,有不同的最佳切入量。而转数一般都是有级调速,要达到这个最优值,主要靠调节钻压和给进速度。一定钻压下,给进系统提供一个给进量 Δh_g ,如果 Δh_g 与 Δh_m 相吻合,该给进系统无疑是令人满意的。否则是不够完善的。考虑到多工艺钻进的需要和岩石性质的复杂性,钻压、转数和给进速度值之间的排列组合很多,因此,为了实现最佳给进量 Δh_m ,就要求钻压和给进速度的调节有各自的独立性,至少有一定程度的相对独立性。

解决给进油缸行程的办法是采用双卡盘不停车倒杆机构,如前苏联生产的CKБ系列钻机。据说国内也研制出了这种机构,但在一些主力系列钻机上还未见应用。当然,这只是解决给进行程短的途径之一。用这种机构与一些行程控制装置配套,可以实现不停车连续自动给进。就现代液压工业技术水平而言,这种机械自动给进是完全可以办到的。这种给进系统可以大大减轻劳动强度,提高效率和质量。

在给进系统中采用液压技术不能只局限于实现规定动作。一些必要的控制仪表可以

本文 1992 年 3 月收到,戴午尘编辑。

扩展其功能,如压力、给进速度和进尺及扭矩等参数显示。操作者可凭数字而不是凭感觉来控制钻进,使钻探这种原来比较粗放的施工逐步走上科学的集约化道路。

液压立轴式钻机给进系统分析

给进系统在钻机中占有举足轻重的地位。给进系统的性能主要表现为其调速调压特性。液压系统的调速方法主要有两类,一类为节流调速,一类为容积调速。目前在液压钻机上应用的主要为节流调速。节流调速又可分为进口节流、旁路节流和回路节流。回路节流调速可以使给进速度更加稳定,减少对钻头切削刃的动载作用,改善岩心形成条件,提高回次进尺和延长钻头寿命。据统计,金刚石钻进裂隙岩层时,用此种调速系统可使钻头进尺增加 30%~70%;回次长度增加 10%~20%。因此,立轴式液压钻机基本上都是采用此类节流调速。

岩心钻进有个很大特点,就是减压钻进占成孔的大部分时间。那么,液压给进系统调速性能的优劣主要表现在减压钻进过程中。减压钻进方法有两种,一是有泵减压,一是无泵减压。前者能保证较恒定的钻压;在复杂地层中钻进,较稳定的钻压可取得较好的钻孔质量,但由于油泵排出的油全经溢流阀返回油箱,导致液压系统发热严重,油液性能变坏,这就需要用双泵供油来解决。无泵减压钻进,由于减少了功耗和油液发热,因而液压立轴式钻机大部分采用这类调速方法。如 YL 系列、TK 系列、XY₂ 系列、CS 系列等。根据采用调速的元件不同,主要有 3 种阀:①采用顺序阀控制油缸底腔压力;②利用普通节流阀控制底腔压力和给进速度;③用调速阀代替节流阀(仅见于外国钻机)。这 3 种调速回路的性能如下。

1. 顺序阀调速

国产 CS 系列钻机等采用此种调速回路(图 1)。

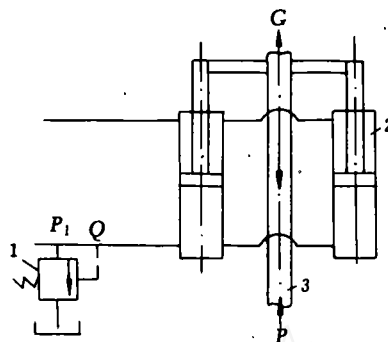


图 1 CS 系列钻机调速回路示意图

1—顺序阀; 2—油缸; 3—主动钻杆; P—钻压; G—给进力; P_1 —油缸下腔压力; Q—通过顺序阀的流量

主动钻杆上,力的平衡方程为:

$$P = KqL - G \quad (1)$$

式中, P 为钻压; K 为浮力系数; q 为钻柱每米重量; L 钻柱长度; G 为给进力。

$$G = mP_1A \quad (2)$$

式中, m 为油缸数; P_1 为油缸下腔压力; A 为油缸活塞面积。那么

$$P = KqL - mP_1A \quad (3)$$

对于先导式顺序阀有关系式:

$$P = \frac{F_s}{A_R - 2CdWX_R \cos\theta} \quad (4)$$

式中, F_s 为先导阀弹簧力; A_R 为主阀底部面积; Cd 为流量系数; W 为面积梯度; X_R 为阀口开度。将式 (4) 代入式 (3) 得

$$P = KqL - \frac{mAF_s}{A_R - 2CdWX_R \cos\theta} \quad (5)$$

由式 (5) 可知, 钻压主要与先导阀弹簧力有关, 与流量关系不大, 即与给进速度关系不大。由此可知, 这种调速回路可以保持较稳定的钻压, 而钻速的调节则完全取决于在此种钻压下钻头破碎岩石的速率。这实际上是一种主动钻进, 给进速度始终与钻速保持一致, 并且能够据不同钻头和不同可钻

性的岩石选择最佳切入量 Δh_m , 实现优化钻进。但这种回路的给进速无法人为控制, 例如有些工艺如潜孔锤钻进需要控制进尺等, 就难以实现。在同一钻压下不能控制给进速度。

2. 节流阀调速

这种调速回路较常见, 如国产 YL、TK、XY 系列钻机 (图 2)。

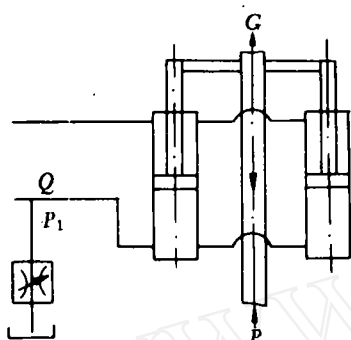


图 2 节流阀调速示意图

Q —通过节流阀的流量; 其他符号释义同图 1

节流阀的流量(Q)特性:

$$Q = Cd A_T \Delta P^\phi \quad (6)$$

式中, Q 为通过节流阀的流量; Cd 为流量系数; A_T 为节流阀通流面积; ΔP 为压差; ϕ 为系数 (取 0.5~1)。

给进速度与流量的关系:

$$Q = m A V_g \quad (7)$$

式中, Q 为通过节流阀的流量; m 为油缸数; A 为油缸活塞面积; V_g 为给进速度。

忽略回油管路降压, 则 $\Delta P = P_1$ 。将以上各式代入方程 (1) 并整理得

$$P = K q L - \frac{(mA)^{1+\frac{1}{\phi}} V_g^{\frac{1}{\phi}}}{(Cd A_T)^{\frac{1}{\phi}}} \quad (8)$$

据方程 (8) 可以画出钻压(P)与给进速度(V_g)的曲线图 (图 3)。

由式 (8) 和图 3 可看出, 对应于某一钻压, 有一确定的给进速度; 给进速度为零

时, 钻压值最大。钻孔越深, 给进速度调节范围越大。在一定范围内, 给进速度同钻压可以按岩石可钻性的差异自动调节, 如遇硬岩, 给进速度下降, 钻压上升, 在新的一点达到平衡; 当然, 调节不会按最优切入量进行。这种回路由于钻压和给进速度呈非线性关系, 给进速度和钻压相互制约, 在调节 Δh_g (给进量) 时, 不易控制钻压和给进速度, 使之与 Δh_m (每转最佳切入量) 相吻合, 难以实现优化钻进。此外, 当钻速较低, 节流阀开口很小时, 还可能发生堵塞, 导致给进力和给进速度的波动, 影响钻孔质量。

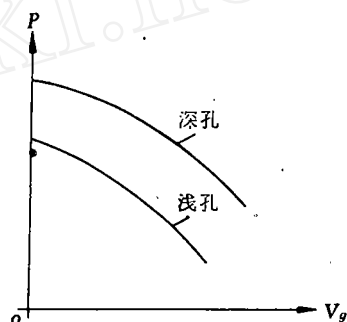


图 3 钻压(P)与给进速度(V_g)的关系曲线图

3. 调速阀调速

这种调速回路安装在托拉姆 2×20 型全液压钻机上。其结构原理是: 将安装在回油路上的节流阀换成调速阀。钻压与给进速度关系见图 4。

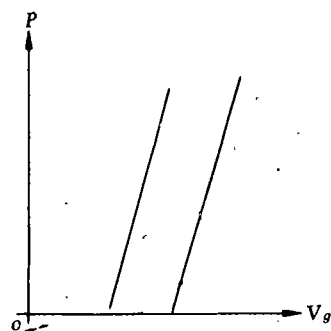


图 4 钻压(P)与给进速度(V_g)关系曲线

调速阀是利用一个定差式减压阀来保持与其串联的节流阀两端压差不变, 从而保持

流量为一恒定值。当岩石可钻性发生变化, 钻压随之改变, 但给进速度不发生变化, 实际上是一种变压定速钻进。它对于钻进较均质岩石非常合适, 但对要求钻压值比较稳定的钻进工艺就不一定很合适。因为当遇到岩石硬度变化值较大时, 钻压的波动也大。前已述及, 可钻性不同的岩石, 每转最佳切入量也不同, 在相同转速下, 靠调速阀保持每转恒切入量并非完全合理。再者, 前面讨论过的节流阀的缺陷, 调速阀也都存在。

根据上面的讨论, 我们希望找到一种钻压和给进速度相对独立、钻压在调到最优值后保持相对稳定, 在此钻压下又可得到不同给进速度的调速回路。可以考虑图 5 的回路设想。

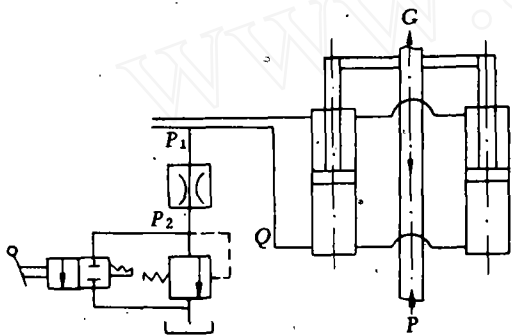


图 5 新构想的调速回路示意

P_2 —节流阀出口压力; 其余符号同图 2

可以列出主动钻杆上力的平衡方程:

$$P = KqL - mA(\Delta P + P_2) \quad (9)$$

式中, ΔP 为节流阀两端压差, 其余符号同前。

这种调速回路实际上是前两种调速回路的结合。将节流阀全部打开, 只调顺序阀是第一种; 让顺序阀“短路”, 只调节流阀是第二种。用这种调速回路可以调顺序阀使其接

近所需压力, 再调节流阀改变速度。

用这种回路能获得较稳定的钻压, 可按最佳切入量 Δh_m 来调节给进速度。对不同钻进工艺提供了较大的调压、调速范围; 调压和调速有一定的相对独立性, 在一定程度上弥补了前两种调速回路的缺陷。

由节流阀流量特性可知, 获得同样钻压条件下, 该回路节流阀前、后压差 ΔP , 较单由节流阀调速要小得多, 在同样钻速下, 节流阀开口要大一些, 这对避免低速下堵塞有利。

上述 4 种调速方法, 各有特点, 以第四种更佳。但它们有一个共同弱点, 在钻速极低时, 油缸和阀本身的内泄漏对钻压影响很大; 由于内泄, 可能会导致油缸下腔的压力完全建立不起来, 失去减压作用。为了弥补此缺陷, 应对给进油缸和阀的制造精度提出更高要求, 同时采用小油泵补油办法以维持压力。

结 论

一个好的给进系统, 应当能满足多种工艺的不同要求, 具有相对独立的调压、调速功能, 可以实现不同岩石可钻性下的最优钻进规程。

本文介绍的第四种调速回路与双泵供油系统结合, 虽然元件多了一些, 控制复杂一点, 但扩展了钻机功能, 给操作者以更大的选择范围, 还是值得考虑的。

参考文献

- [1] 赵毓芳, 煤田地质与勘探, 1991, 第 8 期。
- [2] 杨惠民主编, 《钻探设备》, 地质出版社, 1988 年。
- [3] 吴开东, 探矿工程, 1990, 第 1 期。

On the Feed System of the Vertical Shaft Hydraulic Drill

Li Damin Wu Shuling

Some weak points, mainly come from the feed system, of the vertical shaft hydraulic drill now in use are exposed. In this paper the author expounds his own idea and puts forward a new conception on speed controlling circuit.