

60-62

差动式大直径多钻头组合钻具

P 634.4

胡定成

(铁道建筑研究院设计处·北京·102600)

介绍一种新型大直径钻具——差动式多钻头组合钻具的结构原理、力学特性和关键技术等内容。

关键词 差动 钻头

组合钻具, 差动式钻头
桩孔

大直径钻井工程的应用十分广泛。近年来我国大直径钻孔桩(一般指直径大于 $\varnothing 2.5$ m)的应用越来越多,目前最大口径达 $\varnothing 4.0$ m以上。采矿领域中钻井法建井的最大口径可达 $\varnothing 8.0$ m。我国目前主要采用大直径常规单轴钻头进行大直径井的钻进,这要求钻机必须配备强大的功率。而我国绝大部分钻机都属于小功率、小扭矩设备,难以满足较大直径井孔的施工需要。采用刮刀、滚刀等常规大直径钻头时,切削具的运动轨迹是一系列同心圆,钻头中心和边缘的线速度相差悬殊,刀具磨损极不均匀。因此开展新型大直径钻具的研制具有重要意义。

多钻头组合钻具可以将钻杆单一的回转运动分解为钻具壳体的公转和行星钻头的自转,钻刃的运动轨迹为次摆线。这种钻具可以克服普通大直径钻头的多种缺陷,获得良好的使用性能。并且钻头直径越大,其优越性越明显。

日本的RRC和TRC系列潜水钻机采用多钻头自转公转的切削型式,实现了切削刃的次摆线运动。但这两种钻机中钻头的自转公转机构十分复杂且只能和潜水钻机主机连成一体,整机十分庞大,如TRC-30型潜水钻机的孔内主机部分重量即达23 t。国内煤炭系统曾进行了行星式钻头的研究,目前尚未出现商品化的大直径多钻头钻具。

我院于1996年开展大直径多钻头钻具

的研制,研究提出了一种新型的差动式多钻头自转公转机构,该机构已申请国家实用新型专利。本文对差动式多钻头钻具工作原理、力学特性、关键技术等作一探讨。

1 钻具结构原理及特点

本钻具试图用某种独立于钻机主机及孔壁的机构实现行星钻头的自转和公转,成为一种可以直接和任何回转钻机配套使用、结构简单而性能先进的大直径钻具。

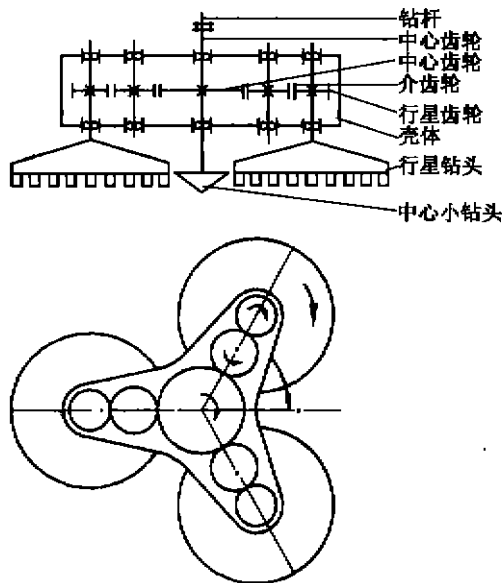


图1 差动式多钻头组合钻具结构示意图

经过对多种方案进行比选,确定采用如图1所示的钻具结构,该钻具主要由壳体、中

心轴、中心齿轮、介齿轮、行星齿轮、行星钻头及中心小钻头等部分组成,设有3个行星钻头,沿圆周均匀布置。本钻具的特点是壳体是“浮动”的,即可以绕中心轴自由旋转,钻具具有两个自由度。本钻具实际上是一个行星轮系差动机构。

钻具的工作原理为利用差动轮系实现运动的分解。钻具中心轴上部的法兰盘与钻杆相连,钻杆回转时,中心轴通过中心齿轮、介齿轮和行星齿轮驱动行星钻头自转;与此同时,各介齿轮和行星齿轮均通过其齿轮轴给壳体施加一个切向力,这些切向力形成一个作用在壳体上的公转扭矩,由于壳体是浮动的,在公转力矩作用下,壳体产生公转运动,从而使行星钻头在作自转运动的同时绕中心轴公转。对该钻具进行运动分析可知,行星钻头的自转和公转的方向是一致的,钻刃的运动轨迹为外次摆线,如图2所示。实践证明,钻具切削刃的外次摆线运动比内次摆线更有利于对地层的切削破碎。

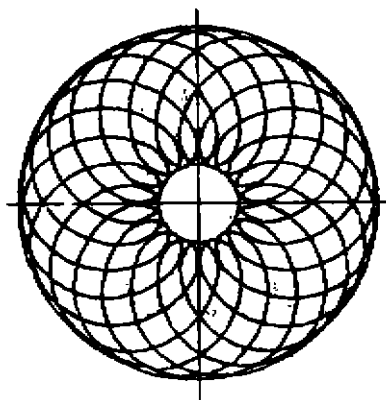


图2 切削具外次摆线运动轨迹

和常规单轴钻头相比,本多钻头钻具具有以下显著特点:

(1)对坚硬基岩的钻削能力强。因切削具的运动轨迹相互交叉,可产生岩石的剪切破碎,由于岩石的抗剪强度较低,所以在坚硬地层中也可取得良好的碎岩效率。

(2)功率消耗小。通过3个小直径行星钻头的“铣削”作用来钻进大直径孔,所需扭

矩比同直径的单轴钻头大大减小。

(3)因各切削具的线速度较为均匀,因而其磨损也比较均匀。

(4)排渣效果好。钻刃的外次摆线运动可以将孔底的岩渣由外向内刮到钻具中心的吸渣口排走,减少了重复破碎。

(5)地层适应性好。这种钻具可以钻削从淤泥、砂、粘土、砾石到基岩的各种地层。

2 钻具的力学性能

2.1 钻具的受力分析

钻杆的驱动扭矩除一小部分用于驱动中心小钻头回转外,其余部分通过中心齿轮传递给行星轮系。设钻杆对钻具中心齿轮的输入扭矩为 M_A , 每个行星钻头的自转扭矩为 $M_{自}$, 壳体的公转扭矩为 $M_{公}$, 方向均如图1所示, 分别取壳体、中心齿轮、介齿轮、行星齿轮为分离体进行受力分析可知, 当钻杆作匀速回转时, 每个行星钻头的自转扭矩

$$M_{自} = M_A r_3 / (3r_1) \quad (1)$$

公转扭矩

$$M_{公} = M_A (1 - r_3 / r_1) \quad (2)$$

式中: r_1 ——中心齿轮半径; r_3 ——行星齿轮半径。

由(1)、(2)可得

$$M_A = 3M_{自} + M_{公} \quad (3)$$

即自转扭矩之和加上公转扭矩等于输入扭矩, 这可以理解的多钻头钻具把输入扭矩分解成了自转扭矩和公转扭矩。

从以上分析可知, 自转和公转扭矩均取决于钻杆的输入扭矩和 r_3/r_1 。为保证自转、公转运动的协调进行, 必须合理选择 r_3/r_1 , 以实现自转、公转扭矩的合理分配。根据日本 RRC 钻机的经验, 当公转扭矩等于自转扭矩之和, 即 $M_{公} = 3M_{自}$ 时, 钻具可获得较好的工作性能。由(1)、(2)式可知, 要满足该条件, 须使 $r_1 = 2r_3$ 。因此在本钻具中取 $r_1 = 2r_3$ 。

2.2 钻具的运动性能

设钻杆的旋转速度为 $\omega_{\text{人}}$, 行星钻头的自转速度(绝对速度)为 $\omega_{\text{自}}$, 壳体的公转速度为 $\omega_{\text{公}}$, 方向分别与 $M_{\text{人}}$ 、 $M_{\text{自}}$ 、 $M_{\text{公}}$ 相同, 通过对这一差动行星轮系的分析可知:

$$\omega_{\text{自}} = (\omega_{\text{人}} - \omega_{\text{公}}) r_1 / r_3 + \omega_{\text{公}} \quad (4)$$

由上式可知该系统具有两个自由度, $\omega_{\text{自}}$ 和 $\omega_{\text{公}}$ 均不确定, 可在零到最大值范围内变化。当钻具以一定的钻压正常钻进时, 地层对钻具的自转反扭矩和公转反扭矩分别与自转和公转转速密切相关, 所以当公转扭矩和自转扭矩分配合理时, $\omega_{\text{自}}$ 和 $\omega_{\text{公}}$ 可处于一种比较合理的状态, 不会出现 $\omega_{\text{自}} = 0$ 或 $\omega_{\text{公}} = 0$ 等对钻进不利的极端情况。这一点在作者进行的模型试验及日本 RRC 钻机的实践中均得到了证实。

3 钻具的技术关键

本钻具的技术关键主要是自转公转运动的实现及钻具的密封问题。

以上对钻具的力学分析证明了行星钻头自转公转运动在理论上是可行的, 并且当 $r_1 = 2r_3$ 时具有较好的工作性能。为进一步对此加以验证, 作者进行了模型试验。用钢材按比例制作了一个 $\phi 450$ 的钻具模型, 用摇臂钻床在水泥砂浆、三合土、粘土等 3 种介质中进行了钻孔试验。在试验中观察到, 在各种

材料中, 多钻头钻具均能良好地实现自转和公转, 虽然自转和公转速度在一定范围内有所变化, 但没有出现自转或公转被卡死(即转速为零)的极端情况。钻具模型切削效果良好。

另一个关键技术问题是钻具的密封。整个钻具是潜入泥浆中进行工作, 所以钻具的密封直接影响钻具的工作性能和寿命。本钻具的密封数量多且工作条件十分恶劣。整个钻具至少有 5 处动密封。借鉴我院研制的 QZ-1500 型工程潜水钻机的成功经验, 采用浮动密封和“J”型密封组成的组合密封型式可以满足使用要求。这种密封价格低廉, 性能优良, 但须绝对保证装配质量。

另外, 在该钻具壳体及行星齿轮轴的受力十分复杂, 因此在设计中应在结构上保证其具有足够的强度和刚度。

4 结语

差动式大直径钻具应用比较简单的行星差动机构实现了行星钻头的自转公转运动, 突破了现有的钻具设计思路, 是一种先进实用的大直径钻具。这种钻具的推广应用将推动我国大口径井的钻进技术向前发展。

参考文献

- 1 汪滨. 行星轮系钻井机具的研究与应用. 探矿工程, 1995, (5)
- 2 日本利根钻株式会社, T RC、RRC 钻机技术资料, 1985

A STUDY ON THE MULTI-HEAD LARGE DIAMETER DRILLBIT CONTAINING DIFFERENTIAL MECHANISM

Hu Dingcheng

A multi-head large diameter drillbit containing differential mechanism were designed. The structure drilling process, mechanical properties and key techniques of this new kind of drillbit were introduced.

Key Words differential mechanism, drillbit



第一作者简介:

胡定成 男, 1968 年生。1988 年毕业于中国地质大学(武汉), 1991 年毕业于中国地质大学(北京), 获钻探工程硕士学位。现从事桥梁及基础工程研究设计工作。

通讯地址: 北京大兴康庄路 9 号 铁道建设设计院 邮政编码: 102600