

文章编号:1001-1986(2003)01-0062-03

沟槽式卡瓦与钻杆摩擦系数的试验研究

田宏亮,胡少韵 (煤炭科学研究总院西安分院,陕西 西安 710054)

摘要:卡瓦与钻杆之间的摩擦系数是卡盘夹紧能力计算的一个重要参数。本文介绍了该摩擦系数的一种研究方法,并通过试验研究,得出了沟槽式卡瓦摩擦系数的变化范围和取值依据,明确了影响该系数的诸多因素。本试验研究成果可直接应用于卡盘的设计计算。

关键词:卡瓦;摩擦系数;试验研究

中图分类号:P634.5 **文献标识码:**A

1 引言

卡瓦与钻杆间的摩擦系数是影响卡盘工作能力的一个重要因素,也是卡盘设计计算的一个重要参数。国内现有的钻探设备设计理论中,对卡瓦摩擦系数的讨论存在两种观点。一种观点认为,卡瓦的工作是靠卡瓦齿压入钻杆表面起作用,卡瓦与钻杆间的摩擦系数 f 值与卡瓦齿实际所受的单位面积上的压力有关,当单位面积上的压力为120~200 MPa时, f 值为0.9。而另一种观点则认为,卡瓦与钻杆间的摩擦系数与卡瓦齿面的形状有关,取值范围根据卡瓦齿形不同可在0.1~0.8之间选取,对于加入润滑剂的旧卡瓦,摩擦系数 f 为0.1。这两种理论对于影响该系数取值的因素以及如何正确选取该系数,都未做进一步的明确阐述,给设计计算带来无所适从的麻烦。针对这个问题,笔者在室内进行了一系列模拟测试,得出了在多种条件下沟槽式卡瓦摩擦系数的变化范围和取值依据。本文较全面地探讨了影响该摩擦系数的诸多因素,并进而寻求提高该摩擦系数的途径。

2 影响卡瓦齿面与钻杆之间摩擦系数的因素

卡瓦按齿面形状可分为4种:表面沟槽式卡瓦;表面菱形花纹卡瓦;嵌入合金颗粒的卡瓦;光面卡瓦。本试验以表面沟槽式卡瓦为研究对象,所测得的摩擦系数只能称之为当量摩擦系数,但为表达方便及全文的统一,以下仍称之为摩擦系数。试验考虑了下列因素:

a. 卡瓦齿面与钻杆表面的接触形式。卡盘在夹紧状态时,依卡瓦圆弧半径与钻杆半径相对大小的不同有3种接触情况。

b. 卡瓦的齿面形状。卡瓦沟槽的密度是影响摩擦系数的因素,本试验中将沟槽的横向(与摩擦力方向相垂直)间距和纵向(与摩擦力方向平行)间距作为两个因素。

c. 卡瓦的夹紧力。卡瓦对钻杆的夹紧力不仅影响两者之间的摩擦力,还有可能破坏钻杆表面。

3 试验装置

试验装置是自行设计的,由测试台、泵站、操纵台和测试仪器、仪表等部分组成。测试台结构如图1所示。

4 试验方法和方案设计

试验方法如下:

a. 根据试验要求,加工出齿面形状和尺寸不同的卡瓦,并编排序号,依次安装在测试台上。

b. 借助夹紧油缸推动卡瓦夹紧试件,夹紧力由操纵台控制,并由夹紧压力传感器(图中未画出)的二次仪表显示。达到规定值后,关闭夹紧油路上的截止阀,保持夹紧力。

c. 控制推进油缸,逐渐增加推进力,直到试件

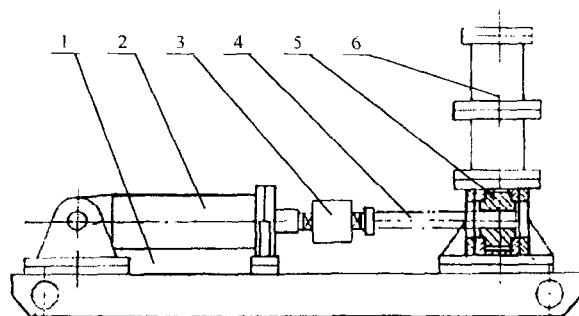


图1 测试台示意图

1—底座;2—推进油缸;3—传感器;4—试件;5—卡瓦;6—夹紧油缸

收稿日期:2002-03-08

作者简介:田宏亮(1969—),男,陕西西安人,煤炭科学研究总院西安分院博士生,工程师,从事钻探设备及配套机具的研制开发工作。

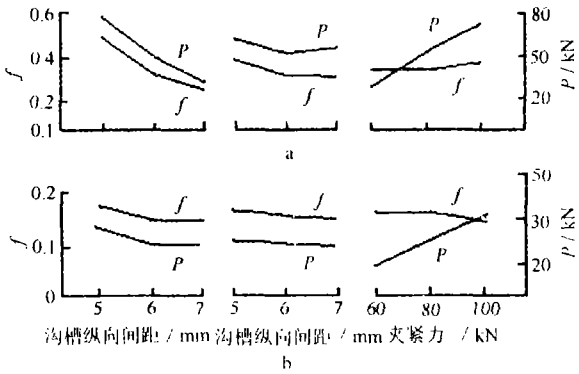


图 2 各因素与推力 P 及摩擦系数 f 的关系
a—新卡瓦; b—磨损后的卡瓦

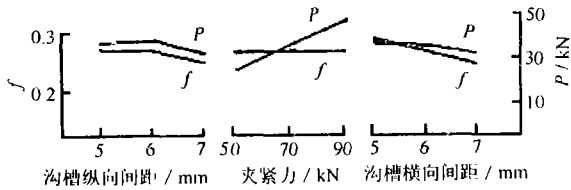


图 3 磨损后卡瓦因素与推力 P 及摩擦系数 f 的关系(高比压)

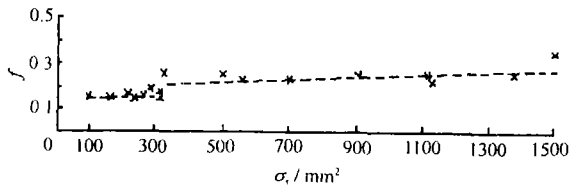


图 4 卡瓦与试件之间的摩擦系数与比压的关系
开始在卡瓦中滑动,即可由推进压力传感器的二次仪表得到开始打滑时的最大推力。

d. 处理试验数据,得出不同条件下卡瓦与试件间的最大摩擦系数。

采用正交试验设计法,将沟槽式卡瓦齿面的沟槽间距(横向间距、纵向间距)和夹紧力等因素及水平经随机化抽签排序后,列于表 1。该表按 $L_9(3^4)$ 设计。根据试验设计表加工卡瓦,并将卡瓦打上记号,试验次数号即为卡瓦编号(共 9 组)。

卡瓦齿面与钻杆表面的接触形式的影响未列入正交试验表,对它的讨论采用均值检验法,因此正交试验用的沟槽式卡瓦和试件都是平面接触。

5 试验结果及分析

为考察新旧卡瓦摩擦系数的差别,对新卡瓦及磨损后的卡瓦分别进行测试,每次测试均得出推力值(摩擦力)及通过计算得到卡瓦与钻杆之间的摩擦系数。

根据试验结果(图 2)和试验数据方差分析,可得出试验指标值随因素水平变化的趋势,即沟槽式卡瓦与试件间的最大摩擦力、摩擦系数与试验因素的关系。

a. 对于新卡瓦,横向沟槽间距对摩擦力、摩擦系数的效应都是显著的,卡瓦与试件间的静摩擦系数在 0.21 ~ 0.53 之间,摩擦力、摩擦系数随沟槽间距的增加而减小;纵向沟槽的间距对静摩擦力、静摩擦系数的效应都是不显著的;卡瓦夹紧力对摩擦力的效应是显著的,而对摩擦系数的效应不显著,夹紧力对摩擦力影响很大,二者之间几乎成正比关系。

b. 对于磨损后的卡瓦,只有夹紧力对摩擦力的效应是显著的,而其他因素的效应都是不显著的。磨损后的卡瓦与试件之间的摩擦系数在 0.14 ~ 0.19 之间,与光面摩擦相近,试验安排的各因素对摩擦系数的影响趋势与新卡瓦相同,但影响程度较小,只有卡瓦与试件之间的摩擦力受夹紧力的影响较大。

以上试验结果及分析建立在卡瓦对试件单位面积上的压力(比压)不大(100 ~ 500 MPa)的基础上,而根据相关文献介绍,在比压较高时卡瓦与试件间的静摩擦系数会急剧升高,甚至可高达 0.9,因此有必要对比压较高的情况做进一步的试验来考察。

6 高比压下卡瓦摩擦系数测试及数据处理

试验安排及试验设计方法与前相同,为保证测试结果的客观性,试验因素和水平需通过抽签重新安排,表 2 列出重新设计的试验因素、水平情况。因液压系统压力较高时,不易保持卡瓦夹紧力稳定,因而试验采用减小接触面积的方法达到提高比压的目的,从数据的实用意义考虑,仍用磨损后的卡瓦。测试结果如图 3、4 所示。

从极差、图 3 所示关系图及方差分析成果可以看出,各因素对摩擦力、摩擦系数的影响都是不显著的,各因素与摩擦力、摩擦系数的关系规律与前两次试验相似,只是影响程度更小而已。

从图 4 可看出,在比压小于 300 MPa 时,磨损后的卡瓦与试件的摩擦系数与光面摩擦系数相近,在 0.14 ~ 0.19 之间变化。在比压大于 300 MPa 后,卡

表 1 卡瓦测试试验因素及水平一览表

水平	因素 A	因素 B	因素 C
	沟槽横向间距/mm	沟槽纵向间距/mm	夹紧力/kN
1	6	5	60
2	5	7	80
3	7	6	100

表 2 卡瓦测试因素及水平一览表(高比压)

水平	因素 A	因素 B	因素 C
	沟槽纵向间距/mm	夹紧力/kN	沟槽横向间距/mm
1	6	70	7
2	7	90	5
3	5	50	6

表 3 均值检验卡瓦摩擦力试验结果

钻杆规格	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$\Phi 43$	89.2	66.2	77.2	85.2	75.2	71.2	79.2	69.2	75.2	66.2	78.2	59.2	77.2	58.2	69.2	59.2
$\Phi 42$	37.2	32.2	31.2	46.2	22.2	26.2	26.2	43.2	27.2	29.2	27.2	26.2	31.2	29.2	32.2	40.2
$\Phi 41$	49.2	48.2	34.2	39.2	36.2	38.2	31.2	36.2	28.2	33.2	26.2	28.2	29.2	34.2	29.2	30.2

kN

瓦与试件的摩擦系数显著提高,在 0.21~0.35 之间变化,并有随比压的增高而增大的趋势。其原因在于试验所用试件的屈服极限 σ_s 在 300~400 MPa 之间,当比压高于 σ_s 时,卡瓦齿容易压入试件表面,比压越高,压入效果越明显,因而摩擦系数较高。而比压低于 σ_s 时,卡瓦齿不易压入试件表面,因此摩擦系数较低。

新卡瓦摩擦系数较高的原因也正在于新卡瓦齿面粗糙度高,加工沟槽后遗留的尖角、毛刺都没有处理,在夹紧试件时会使实际接触面比压分布不均、局部比压大大高于 σ_s 。对于磨损后的旧卡瓦,齿面与试件接触均匀,在夹紧力相同的条件下,比压会显著降低。当比压小于试件的 σ_s 时,沟槽几乎不起作用,摩擦系数当然会降低很多。因此设计卡盘时,卡瓦齿面的设计应与夹紧力、钻杆表面的 σ_s 值综合考虑。

7 卡瓦与钻杆表面接触形式不同时摩擦系数的测试

考察卡瓦齿面与钻杆接触形式不同对摩擦系数影响的测试结果如表 3 所示,试验所用光面卡瓦的规格为 $\Phi 42$,施加的夹紧力均为 80 kN,因而可直接通过比较摩擦力的大小来考察摩擦系数的变化。

通过数据处理可得出这 3 组试验数据之间的相互关系:

a. 试验钻杆直径为 43 mm 时摩擦力远大于其他两组,而 $\Phi 42$ 和 $\Phi 41$ 规格的钻杆样本均值接近,两组测定值在置信度为 0.95 水平上是一致的。

b. 相应的由各测定值计算所得的摩擦系数分别为 0.451、0.198、0.218。后两种规格钻杆接近光面圆弧卡瓦的摩擦系数。

c. 比较试验后钻杆表面的擦伤, $\Phi 43$ 规格的钻杆表面擦伤最为严重,而 $\Phi 42$ 和 $\Phi 41$ 规格的钻杆表面几乎没有损伤,因此从保护钻杆的角度考虑卡

瓦面的圆弧半径应与所用钻杆的半径相等或略大。

造成 3 种情况下摩擦系数差别很大的根本原因仍然是比压不同。

8 结论

a. 沟槽式卡瓦的沟槽方向和间距对卡瓦与钻杆之间的摩擦系数有明显影响。横向沟槽(与摩擦力方向相垂直)对摩擦系数的影响较大,而纵向沟槽(与摩擦力方向平行)影响很小,沟槽间距越小,摩擦系数越大。

b. 卡瓦齿面作用于钻杆上的比压对摩擦系数有很大影响。当比压在钻杆表面的屈服极限以下时,摩擦系数较小;在钻杆表面的屈服极限以上时,摩擦系数较大,并有随比压增大而增大的趋势。

c. 在进行卡盘设计时,应综合考虑卡瓦齿面沟槽方向和间距、夹紧力、钻杆表面的屈服极限来确定摩擦系数的大小。为可靠起见,可参考本文中旧卡瓦的实测数据选取摩擦系数,即比压小于 σ_s 时, $f = 0.14 \sim 0.19$; 比压大于 σ_s 时, $f = 0.21 \sim 0.35$ 。如果齿面经过特殊处理,能提高其粗糙度和耐磨性,则可考虑新卡瓦的实测数据。此时虽然名义比压低于 σ_s ,但 f 值也能达到 0.2~0.5。

d. 卡瓦齿面的圆弧半径最好与钻杆的半径相等或略大,这种方式虽然摩擦系数较低,但有利于保护钻杆。

e. 本文所有结论仅适用于沟槽式卡瓦。

参考文献

- [1] 杨惠民主编. 钻探设备[M]. 北京:地质出版社,1988.
- [2] 冯德强主编. 钻机设计[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1993.
- [3] 邓勃编著. 分析测试数据的统计处理方法[M]. 北京:清华大学出版社,1995.

Experimental study on frictional factor between chuck jaw and drilling rod

TIAN Hong-luag, HU Shao-yun(Xi'an Branch, CCRI, Xi'an 710054 China)

Abstract: The frictional factor between chuck jaw and drilling rod is important in calculating the chuck working capacity. This thesis introduced a study method for frictional factor based on experimental study. It obtained the variable range of the frictional factor and a principle about how to adopt the frictional factor, which cleared the elements that take effect on the frictional factor. The solution of the experimental study can be used in the chuck design directly.

Key words: chuck jaw; frictional factor; experimental study