



青岛恒泰达机电设备有限公司

Qingdao Heng Taida Electromechanical Equipment Co Ltd

直读式粘度计

型号 HTD-06



使用手册

版本 1.0

©版权所有 青岛恒泰达机电设备有限公司

请你仔细阅读《使用手册》，正确掌握本产品的安装和使用方法。阅读后请将本《使用手册》妥善保管，以备今后进行检修和维护时使用。

目录

- 一、概述
 - 二、安全原则
 - 三、粘度测试
 - 四、外套筒、浮子和扭力弹簧
 - 五、仪器校准
 - 六、数据计算
 - 七、测量范围
 - 八、故障排除与维护
 - 九、规格
 - 十、配件
- 表格
- 表（一）结构明细表
 - 表（二）HTD-06 -6 型 HTD-06 -12 型测试速度
 - 表（三）扭力弹簧刚度线性测试表
 - 表（四）外套筒-浮子因子
 - 表（五）速度因子
 - 表（六）测量范围指示粘度计
- 示意图
- 图（一）HTD-06 型粘度计结构图
 - 图（二）HTD-06-6 型粘度计控制面板
 - 图（三）HTD-06 -12 粘度计控制面板
 - 图（四）转速切换
 - 图（五）外套筒的拆装
 - 图（六）扭力弹簧的拆装
 - 图（七）静负载校准
 - 图（八）扭力测试组装图、
 - 图（九）电路图

一、概述

HTD-06 型粘度计,是青岛恒泰达机电设备有限公司生产的粘度测量仪器,由标准的电源适配器供电,可适用 100~240V 宽电压带,50Hz 或者 60Hz 的电源驱动,有六速和十二速两种类型。其结构见图(一),明细见表(一)。

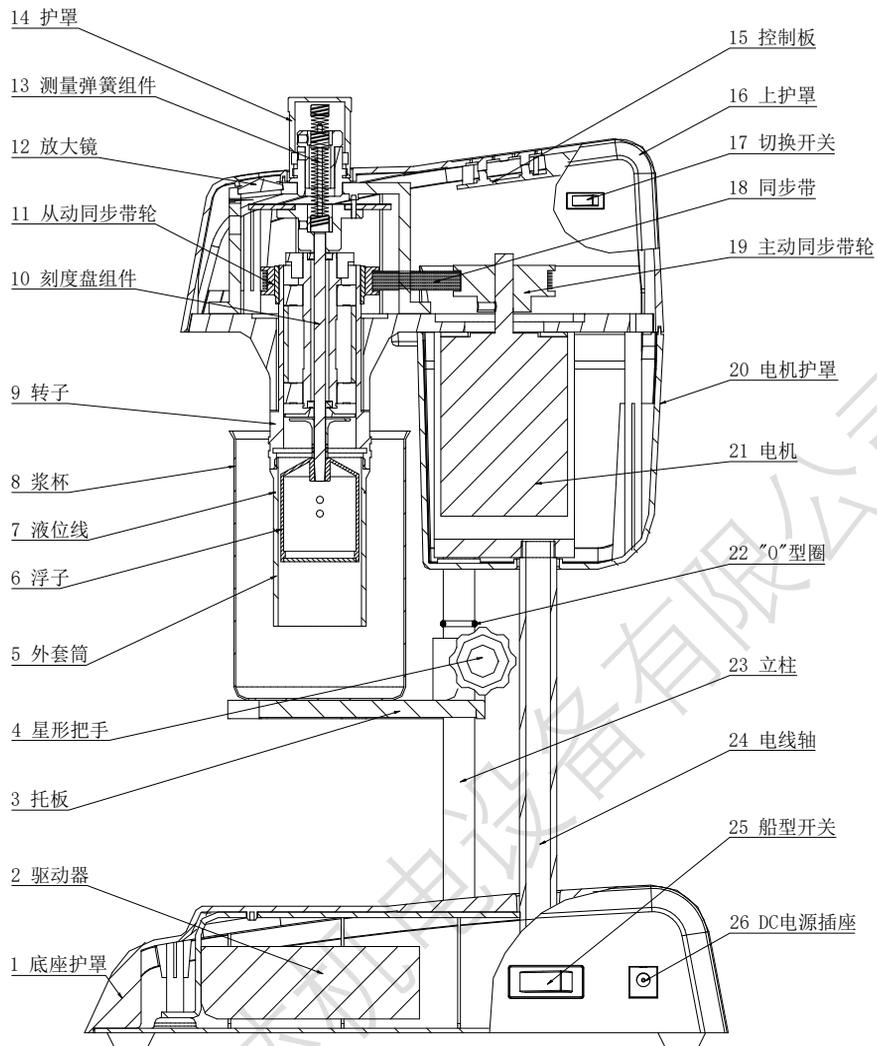
这是一款典型的将测试液包含在外套筒和浮子之间形成的环形空间(剪切间隙)里的同轴圆筒旋转粘度计。

粘度测量时,当外套筒以一个设定的速度旋转时,流体会产生一个粘性阻力,由此测出流体的粘度。外套筒通过液体对浮子产生一个扭矩,此扭矩作用于一个精密弹簧,其挠度可以测量,然后将测量结果与测试条件和仪器常量进行比较。此系统可模拟工业加工过程中所遇到的真实流程。

给定一个剪切速率之后同轴圆筒旋转粘度计就可以进行粘度测量。这是一种线性函数关系,例如:剪切应力与剪切速率的关系图像为一条直线。很多情况下,可能许多流体并不遵循牛顿定律,但其流变学比较接近牛顿定律,因此粘度计仍然可以使用,而且粘度也可以较准确的测量。应当注意的是,推荐的 HTD-06 型粘度计的校准是一种线性的,牛顿模式的校准。这意味着,如果液体样品不符合牛顿线性计算方法,此时粘度计不再适用。在这种情况下,粘度测量以及速度计算应当使用另一种非线性计算方法,这种方法适用于此类流体的特点。

当标准的外套筒、浮子、和扭力弹簧以 300 转/分钟运转时,粘度计的测量单位为厘泊(或毫帕斯卡/秒)。在其他转速情况下,所读数据需进行一系列简单的乘法转换。第六部分会给出塑料流体(例如钻井液)的粘度计算方法。

如果选择不同的转速或者使用不同的扭簧-浮子组合,剪切速率的范围可能会发生改变。为了拓宽剪切应力的范围从而测量各种各样的液体,我们设计了不同系列的扭力弹簧,并且这些弹簧可以很容易的相互转换。



图（一）HTD-06 型粘度计结构图

序号	名称	序号	名称	序号	名称
1	底座护罩	10	刻度盘组件	19	主动同步带轮
2	驱动器	11	从动同步带轮	20	电机护罩
3	托板	12	放大镜	21	电机
4	星形把手	13	测量弹簧组件	22	"O"型圈
5	外套筒	14	护罩	23	立柱
6	浮子	15	控制板	24	电线轴
7	液位线	16	上护罩	25	船型开关
8	浆杯	17	切换开关	26	DC 电源插座
9	转子	18	同步带		

表（一）结构明细表

二、安全原则

A. 安全操作

实验室技术员必须熟悉仪器的操作程序，并且了解有潜在危险的仪器设备。此仪器可用 100 伏至 240 伏的电源供电。保持双手、衣服和其他物品远离仪器的旋转部分。

可选用加热器通过电进行加热。确保电源以及其他线路与浆杯良好接触，并且将其接地。

在进行清洗、维修之前一定要关闭粘度计，切断电源。严禁将粘度计弄湿。如果样品溢出，请用湿布擦拭干净。切勿将水倒进机座，因为水会损坏电器元件。

B. 浮子标准

配有 HTD-06 型粘度计的标准 B1 浮子，不可测试高于 93 摄氏度的样品。

C. 可选加热器的安全操作

在使用可选加热器测量加热样品时，应当采取适当措施来避免样品飞溅出来时造成烫伤，严禁用手触摸加热器。

加热器的温度不可超过 93 摄氏度。

三、粘度测试

浆杯在 350ml 处有一个刻度线，将刚搅拌好的测试液体加至液位线处。外套筒上的液位线能够清晰的显示合适的浸入深度。从图（一）可以看出，如果浸入深度超过此刻度线，可能会损坏浮子的轴承。如果使用其他样品容器，外套筒底部与容器底部的距离应当不小于 1.27 厘米。

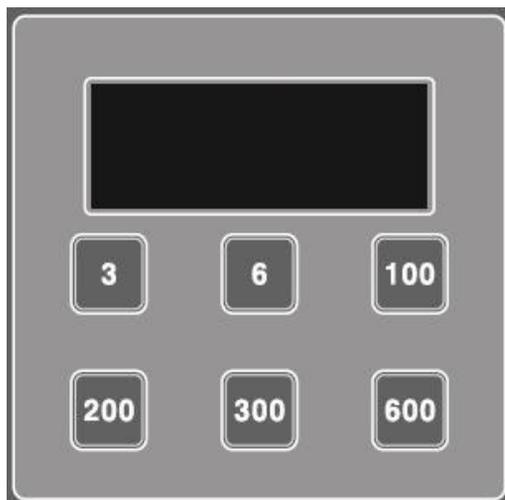
警告：

标准的 B1 浮子是中空的，不可测试高于 93 摄氏度的样品。

A. HTD-06 型

HTD-06-6 型粘度计有六种不同的速度进行测试，速度范围是 3 转/分钟到 600 转/分钟，旋转速度由控制面板决定。使用时，先接通电源，再选择所需的速度按键，从刻度盘上读取不同的剪切应力值。

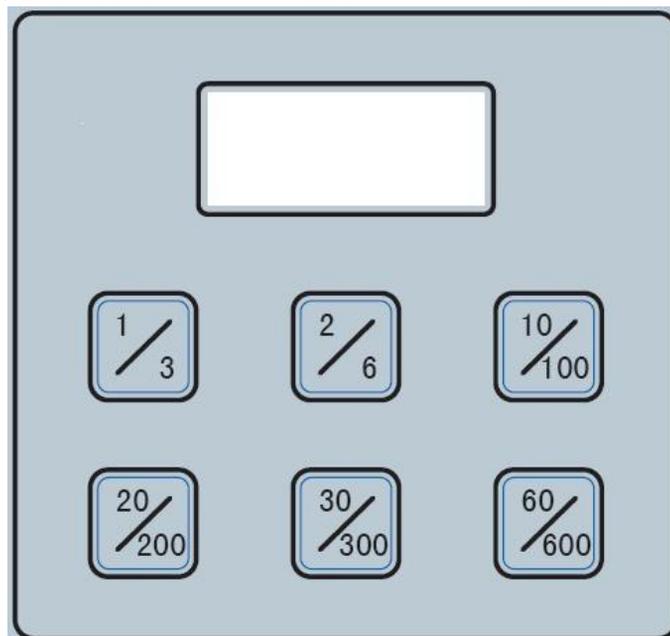
粘度计控制面板见图（二）。



图（二）HTD-06-6 型粘度计控制面板

B. HTD-06 -12 型

HTD-06 -12 型有 12 种旋转速度。为了达到更大的测试范围（1 转/分钟—600 转/分钟），在上壳体右侧安装了一个切换开关，分两档（H 档 3, 6, 100, 200, 300, 600；L 档 1, 2, 10, 20, 30, 60）。粘度计控制面板见图（三），切换开关示意图见图（四），HTD-06 -6 型和 HTD-06 -12 型测试速度见表（二）。



图（三）HTD-06 -12 粘度计控制面板



图（四）转速切换

转速（转/分钟）	HTD-06 -6	HTD-06 -12
600	√	√
300	√	√
200	√	√
100	√	√
60		√
30		√
20		√
10		√

6	√	√
3	√	√
2		√
1		√

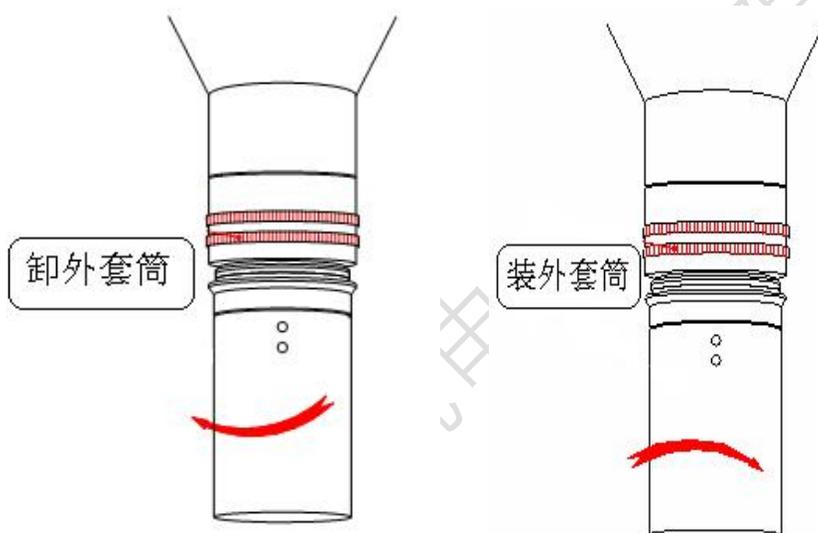
表（二） HTD-06 -6 型和 HTD-06 -12 型测试速度

四、外套筒、浮子和扭力弹簧

R1-B1-F1 外套筒-浮子-扭力弹簧组合适用于所有粘度计。为了计算所测试液体的剪切速率，可能也会使用其它类型的外套筒-浮子-扭力弹簧组合。有的组合可能会使剪切应力的读数出现较大的误差，这种组合不符合要求。

A. 外套筒的拆除与安装

逆时针转动外套筒，这时外套筒可以被慢慢的拆除，参见（图五）。顺时针转动外套筒，使其向上旋转到最高位置。



图（五）外套筒的拆装

B. 浮子的拆除与安装

浮子轴的末端是锥形的，并且插入一个与之相匹配的锥形孔里。拆除浮子时，要在向下拉动浮子的同时逆时针旋转。安装浮子时，要在向上推动浮子的同时逆时针旋转。

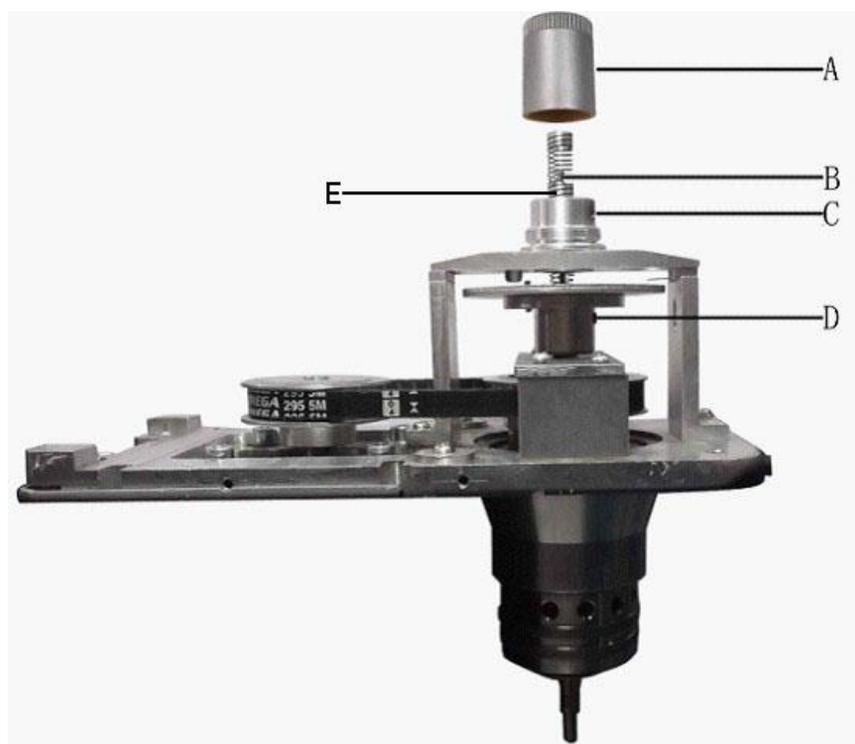
C. 扭力弹簧的拆装

扭力弹簧的各部件见（图六）

①拆除防尘帽（A）。

②将螺钉（C）和（D）松动，这时可以拆除弹簧，注意不要拉伸弹簧。

③安装新弹簧，确保芯轴（B）底部正确定位。将螺钉（D）安装在与弹簧脱离芯轴(B)底部时的同一条直线上。拧紧螺钉（D），它可以对夹紧环施加压力，从而可以紧固弹簧。



图（六）扭力弹簧的拆装

注意：

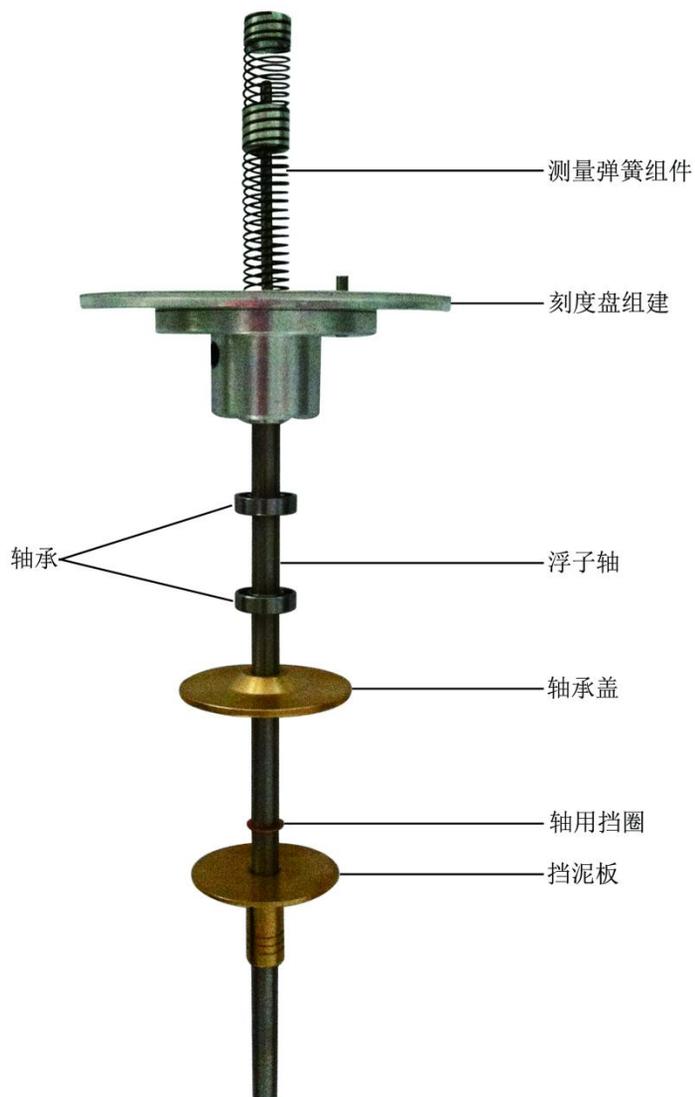
在拧紧螺钉（C）之前要确保调节芯轴（B）的顶部与钮结（E）的顶部有一定的间隙。

要做到这一点，可能需要轻轻的压缩或者拉伸弹簧。

拧紧螺钉（C），拧紧螺钉（C）必须顶在钮结（E）上。



图（七）静负载校准装置



图（八）扭力测试组装图

五、仪器校准

HTD-06 系列的粘度计应当定期检查，如果发现问题，应当进行校准和维修。只有按期校准，仪器才能较为准确的测量精度。通过向浮子轴施加扭矩来进行校准，这里讲述两种校准方法。

A. 静负载校准

静负载校准更容易操作，如果弹簧需要调整，其调整结果很容易得到证实。标准的液体校准需要对整台仪器进行彻底校核，它在检验浮子弯曲问题、外套筒偏心问题等方面比静负载校准更加精确。参见（图六）B 部分。

使用 NLJ-A 型扭簧测力校准装置进行静负载校准，参照（图七）

1. 卸下外套筒，将浮子逆时针方向旋转并向上推（浮子与浮子轴锥度配合），装上浮子。
2. 取一段没有弹性的细丝线，用小块胶纸将丝线的一端粘在浮子的表面，

然后将丝线向左绕浮子表面旋转 2~3 圈，通过一水平的固定轮或专用测力架，使丝线的另一端系挂钩。

3. 根据（表三）选择一个重量。

4. 根据需要，调整扭力弹簧。参照（图六）C“调整扭力弹簧”部分。

我公司 F1 弹簧的公差有两种：50 克的为 $127 \pm 1/2$ 度；100 克的为 $254 \pm 1/2$ 度。当主轴旋转时， $1/2$ 度的误差是允许的。当流体被测试时，这个误差通常会变小。至少要在刻度盘上读三次数据，然后取平均值。如果弹簧不是一个线性状态，这表明浮子轴是弯曲的，此时仪器需要维修。

扭力弹簧总成 (R1-B1 组合)	扭力弹簧常数 K1 Dynes/cm/° def	扭力弹簧系数	重量 (克)				
			10	20	50	100	200
			刻度盘读数				
F-0.2	77.2	0.2	127.0	254.0	-	-	-
F-0.5	193.0	0.5	50.8	101.6	254.0	-	-
F-1	386.0	1	25.4	50.8	127.0	254.0	-
F-2	772.0	2	-	25.4	63.5	127.0	254.0
F-3	1158.0	3	-	-	43.0	84.7	169.4
F-4	1544.0	4	-	-	-	63.5	127.0
F-5	1930.0	5	-	-	-	50.8	101.6
F-10	3860.0	6	-	-	-	-	50.8

表（三）扭力弹簧刚度线性测试表(假设半径是 1cm)

B. 流体校准

此程序仅适用于符合牛顿认证的流体的校准。校准液体可以是 20,50,100,200 和 500cP。所有符合 ASTM 标准的每一瓶液体都配有一个粘度温度对照表。

1. 在把外套筒和浮子浸入标准液之前要保证被检测的仪器是干净的。如果有必要的话，拆除外套筒，彻底清洗浮子。确保浮子轴和外套筒是完好无损的。

注意:

标准液标签上的批号必须与粘度/温度图上的数字匹配。

2. 将校准液加至浆杯的液位线处，把浆杯放在仪器的托盘上。向上提升托盘，直到浸到适当深度。参照（图一）。

3. 将温度计放入被测样品中，选择一个安全位置防止破碎。

4. 开机设定 300 转运行 3 分钟，平衡浮子、外套筒、样品与环境的温度。

5. 记录 300 转、600 转时刻度盘上的读数，温度计的读数精确到 0.1°C (0.15°F)。

C. 扭力弹簧校准

参考（图六）进行部件识别

注意:确保浮子轴不弯曲,然后开始调整扭力弹簧。

a. 卸下外套筒,将浮子逆时针方向旋转并向上推(浮子与浮子轴锥度配合),装上浮子。

b. 取一段没有弹性的细丝线,用小块胶纸将丝线的一端粘在浮子的表面,然后将丝线向左绕浮子表面旋转 2~3 圈,通过一水平的固定轮或专用测力架,使丝线的另一端系挂钩。c. 挂 5~65g 标准砝码进行校验,读出刻度盘数应符合《扭力弹簧刚度线性测试表》。

六、数据计算

a. 牛顿粘度的计算

在 300rpm 运行时, R1 B1 F1 组合刻度盘上的读数就是牛顿粘度。如果使用其他弹簧需要表盘读数乘以“f”因子(弹簧常数)。

用粘度计确定牛顿粘度 cP, 使用下面的公式:

$$N = S \times \theta \times f \times C$$

注释:

S = 速度因子(见表五)

θ = 刻度盘读数

f = 弹簧系数(见表三)

C = 外套筒-浮子因子(见表四)

N = 牛顿粘度- cP

示例:使用一个 R2 B1 组合 600 rpm 的速度与 f5.0 弹簧,一个表盘读数 189。

$$N = 0.5 \times 189 \times 5 \times 0.315 = 149 \text{ cP}$$

1 mPa. s 等于 1 cP

注意:校准用标准液有粘度的范围,使用标准的 R-B-F 组合用于测试。如果选择不当,会影响到测试数据。

外套筒-浮子组合	外套筒-浮子因子
R1-B1	1.000
R1-B2	8.915
R1-B3	25.392
R1-B4	50.787
R2-B1	0.315
R2-B2	8.229
R2-B3	24.707
R2-B4	49.412
R3-B1	4.517
R3-B2	12.431
R3-B3	28.909
R3-B4	57.815

表（四）外套筒-浮子因子

转速	速度因子
1	333.3
2	166.6
3	100
6	50
10	10
20	5
30	3.33
60	3
100	1.667
200	1.5
300	1
600	0.5

表（五）速度因子 300 rpm = 1

b. 计算弹簧常数(重量法)

$$K1 = G \times r \times g / \theta$$

注释:

K1 = 弹簧常数——Dynes/cm/° def

G = 负载在克

g = 981 = 引力常数(厘米/ sec²)

半径 r = 1.725 厘米

θ = 刻度盘读数

例如:所需的设置为 F1 扭簧, 扭力弹簧常数是 386 Dynes/cm/° def 与 R1 B1 组合。使用 50 克砝码, 公式是:

$$K1 = 50 \times 1.725 \times 981 / 386 = 219.2$$

c. 数据测试及计算:

将室温调整在 20±5℃, 严格按照“测试操作方法”工作。如在井场测量时, 应尽可能减少取样所耽搁的时间, 取样地点、条件应记录在测量表上。

仪器系数为 C = 5.11

1、牛顿液体绝对粘度:

将仪器转速调整 300r/min, 等到刻度盘上的读数恒定, 其读数为绝对粘度值。

$$\eta = 300r/min \quad (\text{读数}) \quad \text{mPa} \cdot \text{s}$$

2、塑性流体粘度:

1) 仪器转速调整 600r/min, 待刻度盘上的读数恒定, 其读数的 1/2 为视粘度值。

2) 将仪器转速调整为 300r/min, 其读数与 600r/min 读数之差为塑性粘度。

3) 将钻井液在高速下搅拌 10 秒钟, 以 3r/min 转速开始旋转后的最大度数值即为初切力。静置 10 分钟记录静切力。

$$\text{视粘度: } \eta_{\text{视}} = \frac{1}{2} \times 600 \text{ r/min (读数)} \quad \text{mPa} \cdot \text{s}$$

$$\text{塑性粘度: } \eta_{\text{塑}} = 600 \text{ r/min (读数)} - 300 \text{r/min (读数)} \text{ mPa} \cdot \text{s}$$

$$\text{动切力: } \tau_0 = 0.511 (300 \text{r/min 读数} - \eta_{\text{塑}}) \text{ Pa}$$

$$\text{静切力: } \tau_{\text{初}} = 0.511 \times 3 \text{r/min (读数)} \text{ Pa} \quad (\text{静置 1 分钟})$$

$$\tau_{\text{终}} = 0.511 \times 3 \text{r/min (读数)} \text{ Pa} \quad (\text{静置 10 分钟})$$

3、假塑流体:

其流动特点是有切应力就开始流动, 但粘度随切应力的增大而降低, 假塑性流体的流动服从幂函数, 其表达式:

$$\tau = k \left(\frac{dv}{dx} \right)^n$$

$$\lg \tau = \lg k + n \lg \frac{dv}{dx}$$

n——流行指数 其值在 0~1 之间

k——稠度系数

流性指数 $n = 3.32 \lg \frac{600 \text{r/min (读数)}}{300 \text{r/min (读数)}}$ (无因次)

$$\text{稠度系数 } k = 0.511 \times 300 \text{r/min (读数)} / 511 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

七、测量范围

外套筒-浮子	R1- B1	R2- B1	R3- B1	R1- B2	R1- B3	R1- B4
基本数据						
外套筒半径, R0,cm	1.8415	1.7588	2.5866	1.8415	1.8415	1.8415
浮子半径, R1, cm	1.7245	1.7245	1.7245	1.2276	0.8622	0.8622
浮子高, L, cm	3.800	3.800	3.800	3.800	3.800	1.900
剪切间隙, cm	0.1170	0.0343	0.8621	0.6139	0.9793	0.9793
半径比, R1/R0	0.936	0.09805	0.667	0.666	0.468	0.468
最高使用温度, ° C (° F)	99 (200)	99 (200)	93 (200)	99 (200)	93 (200)	93 (200)
最低使用温度, ° C (° F)	0 (32)	0 (32)	0 (32)	0 (32)	0 (32)	0 (32)

仪器常数 ,K 标准的 F1 扭力弹簧? = Kfq / N	300.0	94.18	1355	2672	7620	15,20 0
剪切应力范围						
剪切应力常数 为有效浮子表 面 K2,cm ⁽⁻³⁾ 剪 切应力范围 ,dynes / cm ² t = K1K2q	0.01323	0.01323	0.01323	0.0261	0.0529	0.106
F0.2 q = 1°	1.02	1.02	1.02	2.01	4.1	8.2
F0.2 q = 300°	307	307	307	605	1225	2450
F0.5 q = 1°	2.56	2.56	2.56	5.04	10.2	20.4
F0.5 q = 300°	766	766	766	1510	3060	6140
F1 q = 1°	5.11	5.11	5.11	10.1	20.4	40.9
F1 q = 300°	1533	1533	1533	3022	6125	1230 0
F2 q = 1°	10.22	10.22	10.22	20.1	40.8	81.8
F2 q = 300°	3066	3066	3066	6044	12250	2450 0
F3 q = 1°	15.3	15.3	15.3	30.2	61.3	123
F3 q = 300°	4600	4600	4600	9067	18400	3680 0
F4 q = 1°	20.4	20.4	20.4	40.3	81.7	164
F4 q = 300°	6132	6132	6132	12090	24500	4910 0
F5 q = 1°	25.6	25.6	25.6	50.4	102	205
F5 q = 300°	7665	7665	7665	15100	30600	6140 0
F10 q = 1°	51.1	51.1	51.1	100.7	204	409
F10 q = 300°	15330	15330	15330	30200	61200	1230 00
剪切速率						
剪切速率 常数 K3,秒 1 / rpm 剪切速率 范围内,秒 1 g = K3	1.7023	5.4225	0.377	0.377	0.268	0.268
N = 0.9 rpm	1.5	4.9	0.4	0.4	0.24	0.24

N = 1.8 rpm	3.1	9.8	0.7	0.7	0.48	0.48
N = 3 rpm	5.1	16.3	1.1	1.1	0.80	0.80
N = 6 rpm	10.2	32.5	2.3	2.3	1.61	1.61
N = 30 rpm	51.1	163	11.3	11.3	8.0	8.0
N = 60 rpm	102	325	22.6	22.6	16.1	16.1
N = 90 rpm	153	488	33.9	33.9	24.1	24.1
N = 100 rpm	170	542	37.7	37.7	26.8	26.8
N = 180 rpm	306	976	67.9	67.9	48.2	48.2
N = 200 rpm	340	1084	75.4	75.4	53.6	53.6
N = 300 rpm	511	1627	113	113	80.4	80.4
N = 600 rpm	1021	3254	226	226	161	161
粘度范围 (1)						
最大转速 600,	0.5(3)	0.5(3)	2.3	4.5	12.7	25
注释: (1)计算出标准扭力弹簧(f = 1)。对于其他扭簧粘度范围乘以 f 因子。 (2)最低粘度计算了最小剪切应力和最大剪切速率。 (3)出于实用目的最低粘度仅限于 0.5 cP 因为泰勒漩涡。						

表(六) 测量范围指示粘度计

八、和维故障排除护

a . 故障排除

故障	原因
刻度盘读数不稳	1. 浮子轴轴承生锈 2. 浮子轴弯曲 3. 外套筒失准
数据不准	1. 浮子轴轴承生锈 2. 浮子轴弯曲 3. 外套筒弯曲 4. 扭力弹簧损坏或安装不正确 5. 电机需要更换
噪音过大	1. 电机故障 2. 壳体螺丝松动或安装不当
外套筒径跳过大	1. 外套筒损坏 2. 传动轮或传动皮带损坏
按键失灵	1. 主控制板故障
电机不运行	1. 电机损坏 2. 驱动器损坏 3. 电源插头未插好

b . 维护

①浮子和外套筒在每次测试后应及时清洗,定期检查压痕、磨损或其他损伤。

②正常使用的粘度计是不需要加油或润滑的。

③在运输过程中将浮子外套筒取下避免浮子轴弯曲及外套筒受损，定期测试浮子轴轴承。

④在没有样品的情况下,操作仪器在 3 rpm 或 6 rpm 观察浮子和外套筒的运转状态,不应该有超过±1 的波动。不灵敏的浮子轴轴承应及时更换。刻度盘应由专业的维修人员维修。

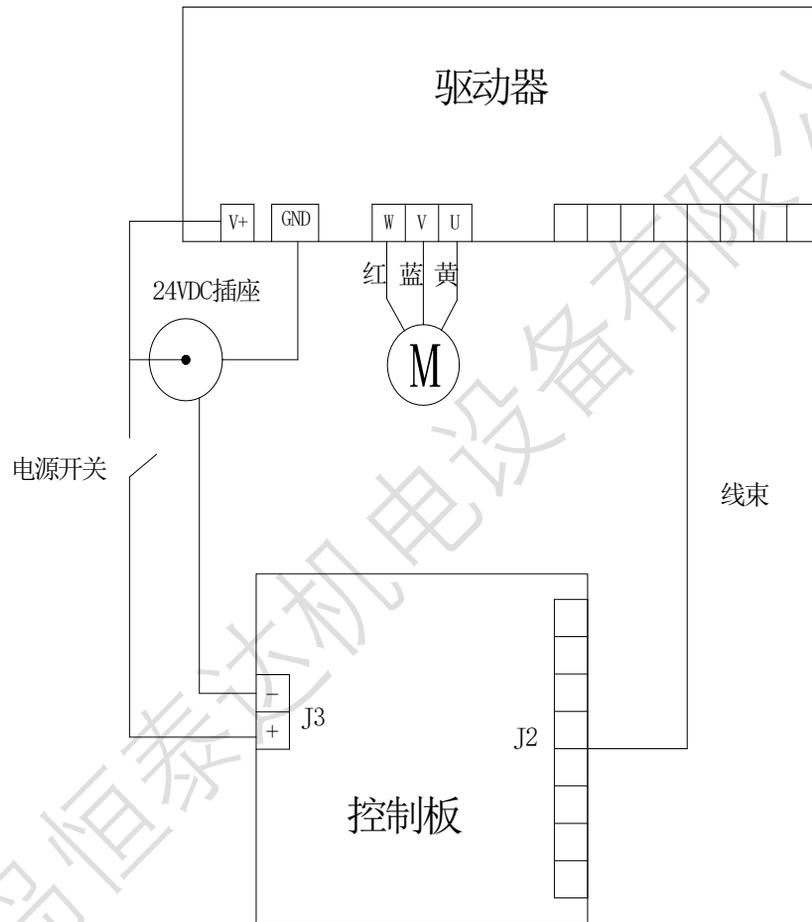
九、规格

编号	型号	转速	电源	尺寸 H×W×L			净重	毛重
1100	HTD-06	3, 6, 100, 200, 300, 600	220V 50Hz/60Hz	410	150	280	9KG	10KG
HTD-06	HTD-06	3, 6, 100, 200, 300, 600	100V-240V 50Hz/60Hz	430	190	340	10KG	15KG
HTD-06 A	HTD-06-6	3, 6, 100, 200, 300, 600	100V-240V 50Hz/60Hz	420	190	280	6.9KG	13.4KG
HTD-06 B	HTD-06-1 2	1, 2, 3, 6, 10, 20, 30, 60, 100, 200, 300, 600	100V-240V 50Hz/60Hz	420	190	280	6.9KG	13.4KG

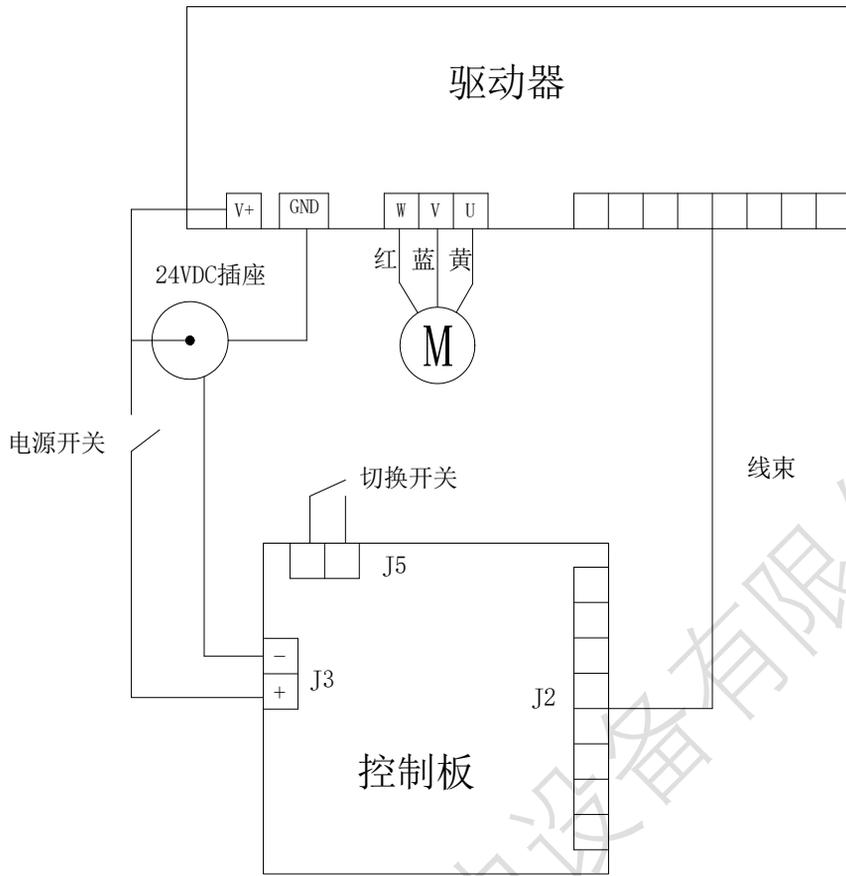
十、配件

扭力弹簧			
编号	F.	常数	剪切应力
110031A	F0.2	77.2	307
110031B	F0.5	193	766
110031	F1	386	1533
HTD-0631C	F2	772	3066
110031D	F3	1158	4600
110031E	F4	1544	6132
110031F	F5	1930	7665
110031G	F10	3860	15330
外套筒			
11003306	R1, 316 不锈钢		
11003306A	R2, 316 不锈钢		
11003306B	R3, 316 不锈钢		
浮子			
1100326	B1, 316 不锈钢, 空心		
1100326A	B2, 316 不锈钢, 空心		
1100326B	B3, 316 不锈钢, 空心		
1100326C	B4, 316 不锈钢, 空心		
样品杯			
1102A	加热器, 110 伏特, 60 Hz, 2 安培		
1102	加热器, 220 伏特, 50Hz, 1 安培		
110015	浆杯		

校准	
1101	NLJ-A 型扭簧测力校准装置
G0400	标准液, 10 cP, 16 盎司 (475 毫升)
G0401	标准液, 20 cP, 16 盎司 (475 毫升)
G0402	标准液, 50 cP, 16 盎司 (475 毫升)
G0403	标准液, 100 cP, 16 盎司 (475 毫升)
G0404	标准液, 200 cP, 16 盎司 (475 毫升)
G0405	标准液, 500 cP, 16 盎司 (475 毫升)



六速电路图



十二速电路图

图（九）电路图

图（十）零件示意图

联系方式:

地址: 中国·青岛市黄岛区世纪大道西端

邮编: 266400

网址: www.hentd.com

销售部:

电话: 86-0532-58762800

传真: 86-0532-84139338

邮箱: sales@hentd.com

售后部:

电话: 86-0532-58762800

邮箱: sales@hentd.com