



青 岛 恒 泰 达 机 电 设 备 有 限 公 司

Qingdao Heng Taida Electromechanical Equipment Co. Ltd.

## ZNN-D6B 六速旋转粘度计

# 使 用 说 明 书

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.....	1
二、型号及规格.....	1
三、仪器的主要技术参数.....	1
四、基本流体的流变曲线.....	2
五、仪器的结构与工作原理.....	2
六、样品测试与操作：.....	10
七、仪器的维护与保养.....	12
八、仪器的运输与储存.....	13
九、故障的判定与排除.....	13
十、随机配件、工具、及技术文件一览表.....	14



# 一、概述

ZNN-D6B 型数显旋转粘度计由传统的机械传动改为单片机控制，数据在长期使用中更加稳定。可在六速、十二速下进行流变参数的测量，根据多点测量数值绘制流变曲线，确定液体在流动过程中的流型，选用合适的计算公式，对非牛顿流体进行较精确的测量，用于现场钻井液流变参数的研究分析，同时，可进行动、静切力、流性指数和稠度系数等一系列技术参数的测定。有利于安全、快速、科学钻井的需要。具有操作方便，测试准确的特点。

# 二、型号及规格

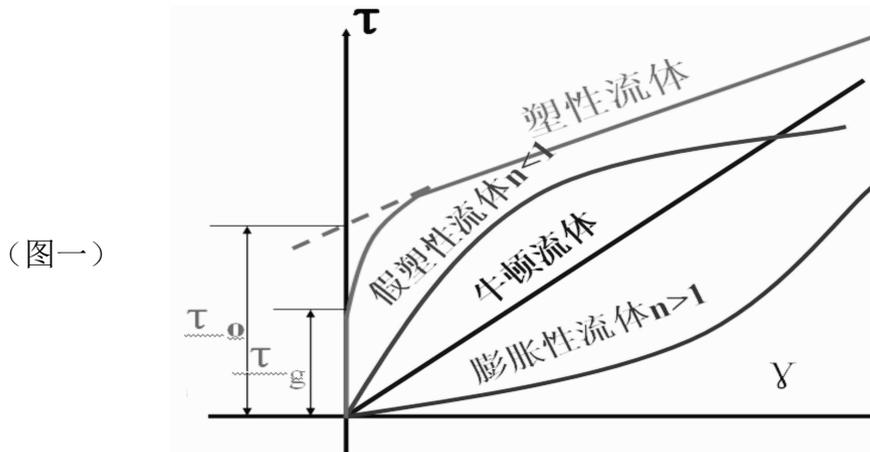
znn-d6B 型 F1 扭力弹簧测量组件

# 三、仪器的主要技术参数

主要技术参数（表一）

序号	名称	技术指标
1	电 源	220V ± 5% 50Hz
2	电机功率	100W
4	变速范围	3、6、100、200、300、600r/min（六速）
5	速 梯	六 速：5.11、10.22、170.33、340.66、511、1022 S <sup>-1</sup>
6	测量精度	1~25 mPa·s ± 1 mPa·s（牛顿流体） 25 mPa·s 以上 ± 4%（牛顿流体）
7	粘度测量范围	牛顿流体： 1~300mPa.s (F1 测量组件) 非牛顿流体： 1~150 mPa.s (F1 测量组件) 剪切应力： 0~153.3Pa (F1 测量组件)

## 四、基本流体的流变曲线



## 五、仪器的结构与工作原理

### 1、动力部分：

同步电机 转速：600r/min

电机功率：100W、电源：220V ± 10% 50Hz

选用优质步进电机和电子元件相匹配的机电一体动力装置，大大降低了噪音和故障率。

### 2、变速部分和参数的确定：

a、六 速：3、6、100、200、300、600r/min

速 梯：5.11、10.22、170.33、340.66、511、1022 S<sup>-1</sup>

b、仪器参数的确定（表二）

R2 cm	R1 cm	R2/R1	h cm	φ 格	k dyn.cm/格
1.8415	1.7245	1.0678	3.8	300	386

将仪器参数代入  $\gamma = \pi R_2^2 n / [15 (R_2^2 - R_1^2)]$  中，得到： $\gamma = 1.703 n$

利用该式，可以计算出不同转速下的剪切速率。

r/min	600	300	200	100	6	3
r.s-1	1022	511	340.7	170.3	10.22	5.11

又根据测定扭距  $M = k \phi$ ，得到仪器最大测定扭距：

$$M_{\max} = 300 \times 380 = 115800 \text{ dyn.cm}$$

将其代入  $\tau = M / (2 \pi R l h)$ , 得:  $\tau_{\max} = 1533 \text{ dyn/cm}^2$

由此, 可得到仪器扭簧系数:  $C = \tau / \phi = 1533/300 = 5.11 \text{ dyn/cm}^2/\text{格}$

综上所述, 我们已经得到了如下公式:

$$\tau = C \phi = 5.11 \phi$$

$$\gamma = 1.703 n$$

流变参数精确计算公式 (根据直线的两点法则推得)

因此, 可以利用这些公式导出下列钻井液流变参数的直读计算公式:

将室温调整在  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ , 严格按照本章第二节操作步骤操作。如在井场测量时, 应尽可能减少取样所耽搁时间, 取样地点、条件应记录在测量表上。

**仪器系数为  $C = 0.511$**

①、牛顿液体绝对粘度测试:

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

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

②、塑性流体粘度测试:

仪器转速调整为  $600\text{r/min}$ , 待刻度盘上的读数恒定其读数的  $1/2$  为视粘度值。

将仪器转速调整为  $300\text{r/min}$ , 待刻度盘上的读数恒定其读数与  $600\text{r/min}$  读数之差为塑性粘度。

将钻井液在仪器转速为  $600\text{r/min}$  下搅拌 10 秒钟, 以  $3\text{r/min}$  转速开始旋转后的最大读数值即为初切力。静置 10 分钟记录的读数值终切力。

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

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

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

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

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

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。

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

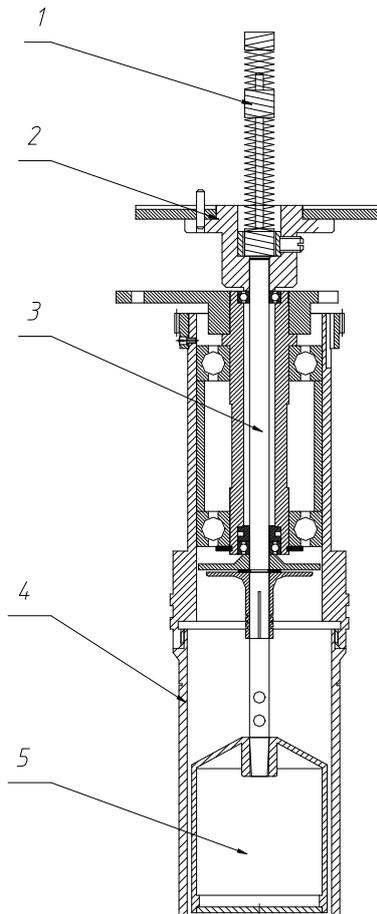
$$\text{稠度系数 } k = \frac{0.511 \times 300\text{r/min (读数)}}{511^n} \quad \text{Pa} \cdot \text{s}^n$$

④、卡森流体:  $\eta$   $\propto 1/2 = 2.42 \times (\phi 6001/2$   
 $-\phi 3001/2)$   $(\text{mPa} \cdot \text{s})^{1/2}$

$$\tau c^{1/2} = 0.4931 \times (6 \phi 1001/2 - \phi 6001/2) \quad \text{Pa}^{1/2}$$

3、测量部件: 见 (图二)、(表三)

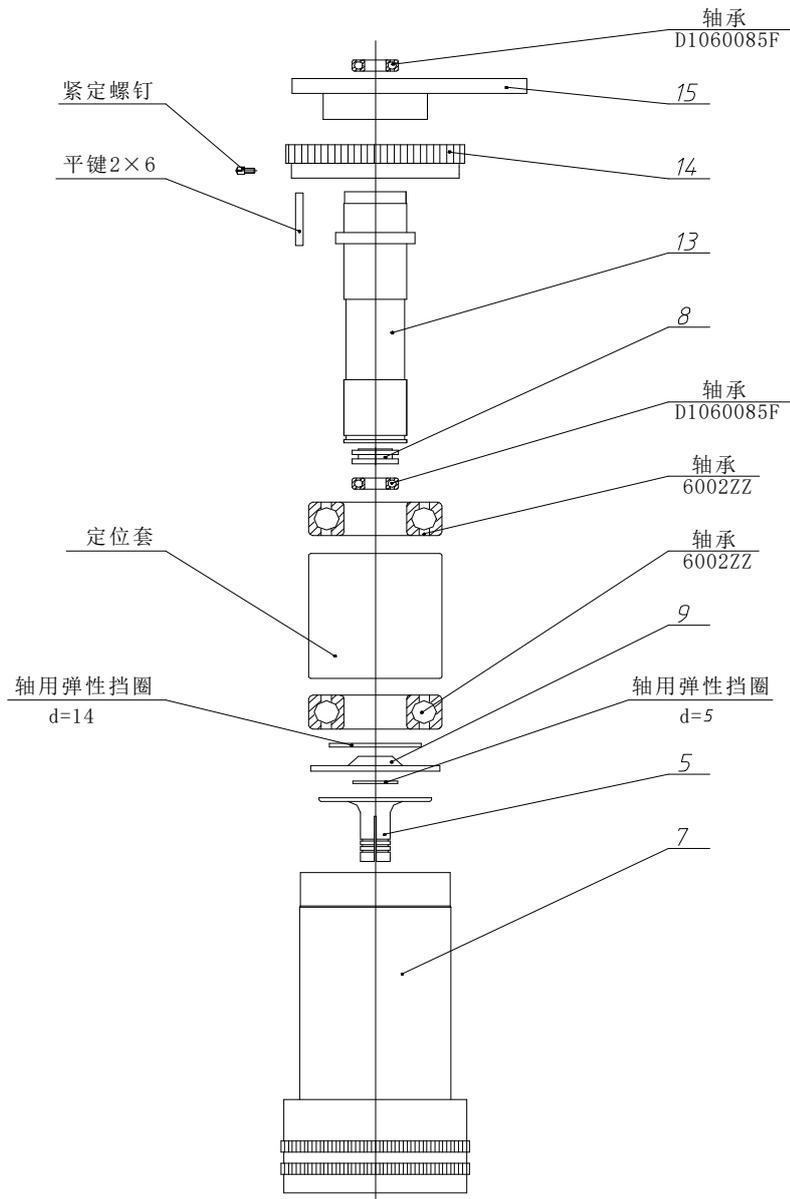
由扭力弹簧组件、刻度盘组件、内外筒组成。内筒与轴锥度配合, 外转筒与转筒之间由螺纹连接。



(图二) 测量部件结构图

(表三) 测量部件零件

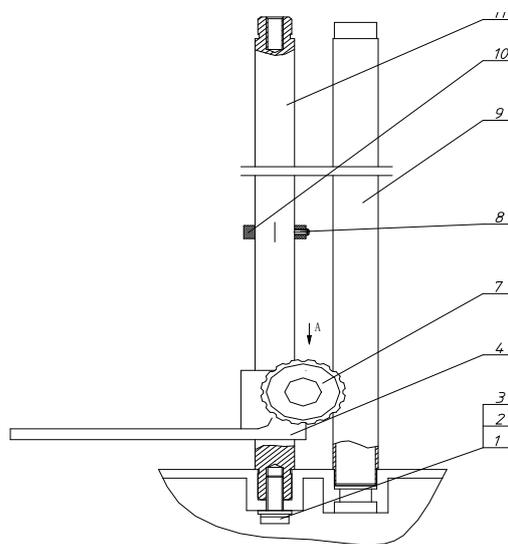
序号	零件编号	名称	数量
1	N6·01·02-00	弹簧组件	1
2	N6·03·03-00	刻度盘组件	1
3	N6·03·03-01	内筒轴	1
4	N6·03·04-08	外转筒	1
5	N6·03·01-00	内筒	1



(图三) 转筒组件结构图

5、支架部件：见（图四）、（表四）

采用托架升降被测容器，操作灵活方便。



（图四）支架部分结构图

（表四）支架部件零件表：

11	N6·01·03-07	支架	2
10	N6·01·03-06	定位套	1
9	N6·01·03-05	外套管	1
8	GB73-85	平端紧定螺钉M3×6	1
7	N6·01·03-04	星形手轮	1
6	N6·01·03-03	锁紧压块（2）	1
5	N6·01·03-02	锁紧压块（1）	1
4	N6·01·03-01	托板	1
3	GB95-85	平垫圈d=6	4
2	GB93-87	弹簧垫圈d=6	4
1	GB70-85	内六角圆柱头螺钉	4
序号	图 号	名称及规格	数量

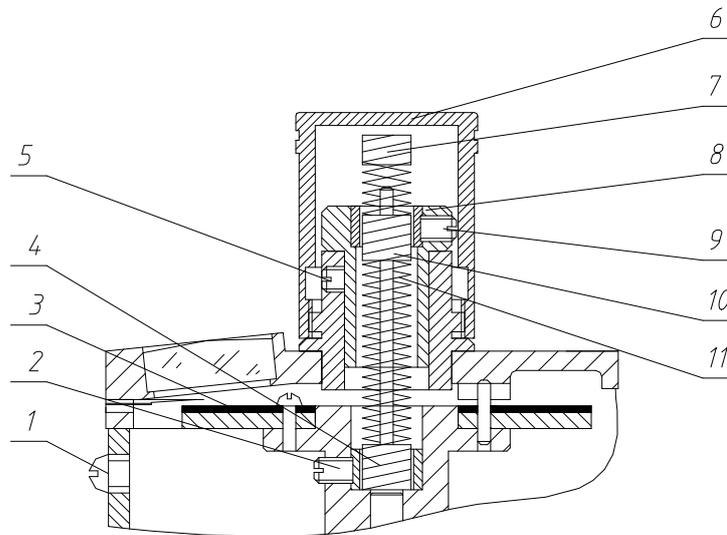
## 6、仪器校验：

仪器出厂前均已进行扭力弹簧刚度测试，并随机附有《扭力弹簧刚度线性测试表》。如果更换六速旋转粘度计的扭力弹簧或使用一年以上，会导致测试过的粘度计读数不准确。因此，应重新在已校验过的仪器上进行校验。

①、扭力弹簧更换：（图五）

取下护罩（6），拧松紧定螺钉（5）（9），拧开螺钉（1），将螺丝刀伸入仪器内拧松紧定螺钉（2），取出扭力弹簧。

将新弹簧放入，分别拧紧紧定螺钉（2）（5）（7），然后装入螺钉（1）。更换弹簧后，应参照本节第二项“扭力弹簧校验方法”进行校验。



1. 螺钉 2. 紧定螺钉 3. 刻度盘 4. 下簧座 5. 紧定螺钉 6. 护罩  
7. 上簧座 8. 调整环 9. 紧定螺钉 10. 扭结 11. 弹簧

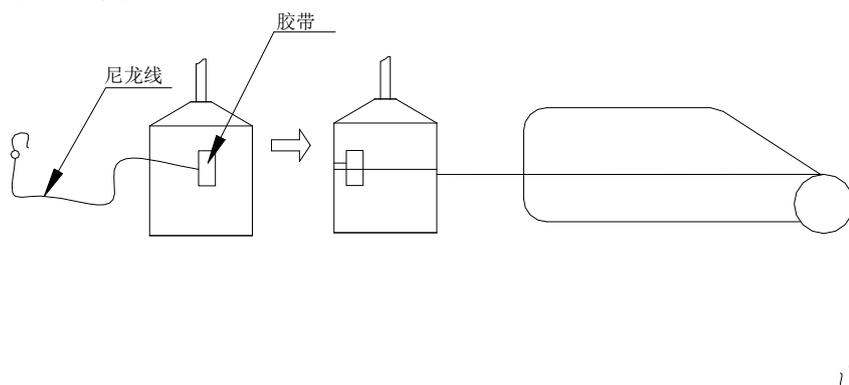
（图五）操作扭力弹簧示图

②、扭力弹簧校验方法：

卸下外传筒，将内筒逆时针方向旋转并向上推（内筒与内筒轴锥度配合），装上内筒。

取一段没有弹性的细丝线，用小块胶纸将丝线的一端粘在内筒的表面，然后将丝线向左绕内筒表面旋转 2~3 圈，通过专用扭簧测力架，使丝线的另一端

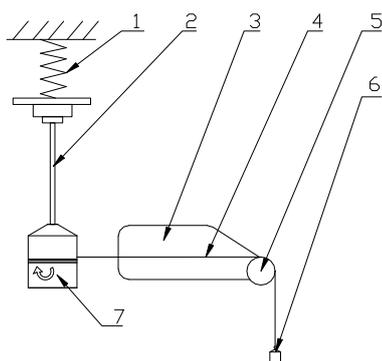
系挂钩。见（图六）



（图六）操作示意图

挂 5~70g 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》。见（图七）（表五）（表六）

（表五）测试工作结构明细表



序号	名称及规格	数量
1	粘度计扭簧	1
2	粘度计内筒轴	1
3	测力计滑轮固定架	1
4	尼龙线	1
5	测力计滑轮	1
6	砝码	1
7	粘度计内筒	1

（图七）测试工作结构图

（表六）F1 扭力弹簧刚度线性测试表

砝码 (克)	允许转动范围 (格)	实测 (格)	砝码 (克)	允许转动范围 (格)	实测 (格)
5	21.55~22.21		40	172.45~177.70	
10	43.11~44.42		45	194.00~199.90	
15	64.66~66.63		50	215.57~222.13	
20	86.23~88.85		55	237.12~244.30	
25	107.78~111.06		60	258.68~266.56	
30	129.34~133.28		65	280.23~288.77	
35	150.89~155.49		70	301.80~310.99	

其原理：根据虎克定律

$$\Phi = \frac{G \cdot r}{K_s} \quad \text{度}$$

G: 砝码重量 (克)            r: 内筒半径 (r=1.7245 厘米)

$\Phi$ : 刻度盘读数 (度)         $K_s$ : 标准弹簧刚度。(0.394 克·厘米/度)

### ③、扭力弹簧调整:

如果测试扭力弹簧刚度值不符合《扭力弹簧刚度线性测试表》，测量值偏小或偏大，均须对扭力弹簧进行调整。参照（图五）进行调整。

取下护罩（6），拧松紧定螺钉（9），用配置小螺丝刀调整扭结（10）。

如校验弹簧刚度数值都偏大，扭结（10）应向下微调。

如校验弹簧刚度数值都偏小，扭结（10）应向上微调。

如校验弹簧刚度数值大小无规律，应检查弹簧是否变形。

调整后，拧紧螺钉（9）参照“扭力弹簧校验方法”进行校验，直至符合《扭力弹簧刚度线性测试表》规定。

拧紧护罩，可进行粘度测试。

注意：仪器应在室温  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  条件下进行扭力弹簧调整。

扭结调整量是有限度的，不能超过紧定螺钉夹紧范围，否则仪器将无法测试。

## 7、仪器粘度校验:

校验条件:

环境温度应控制在  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 。采用经计量部门标定后的精制石油产品 20#、40#、100#标准粘度油，温度应控制在  $20 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 。

校验方法:

将仪器放在水平的检定台上，接通电源，调整转速为 300r/min, 停机。分别将标准粘度油注入样品杯内的刻线处，并使标准粘度油温度恒温在  $20 \pm 0.2^\circ\text{C}$ ，静置 10 分钟。参照第五章第一节“步骤”将内筒安装在仪器上，上升托盘使样品杯内的标准粘度油液面达到外转筒刻线处。启动电机，分别记录刻度盘读数，在相同条件下连续测定三次读数，填入《检测表内》，计算平均值，与已标定标准粘度油的动力粘度值进行比较，其测定  $1 \sim 25 \text{mPa} \cdot \text{s}$  误差为  $\pm 1 \text{mPa} \cdot \text{s}$ ； $25 \text{mPa} \cdot \text{s}$  以上动力粘度误差为  $\pm 4\%$ 。如误差大，参照本节第三项进行“扭力弹簧调整”。

## 8、空载零位校验:

仪器以 300r/min 空转时，刻度盘指针零位摆动不得大于 0.5 格。如指针零位摆动偏大，参照（图十七）应取下护罩（6），旋松螺钉（5），手捏调整环

(8), 调整零位。拧紧松开的螺钉, 按上护罩。

### 9、工作原理:

对牛顿流体液体流动服从于牛顿内摩擦定律。

塑性流体流动服从于宾汉公式。

假塑流体和膨胀流体流动服从于幂函数式。见(图一)

外筒旋转时, 由于钻井液的内摩擦力的作用, 将扭矩传递给内测锤, 刻度盘的读数便反映了这个扭矩, 它与测量切力的关系是:

$$\tau = \frac{M}{2\pi R^2 h}$$

剪切速率与旋转速度也有对应关系, 但它与流体类型有关, 例如牛顿流体, 它的对应关系式是:

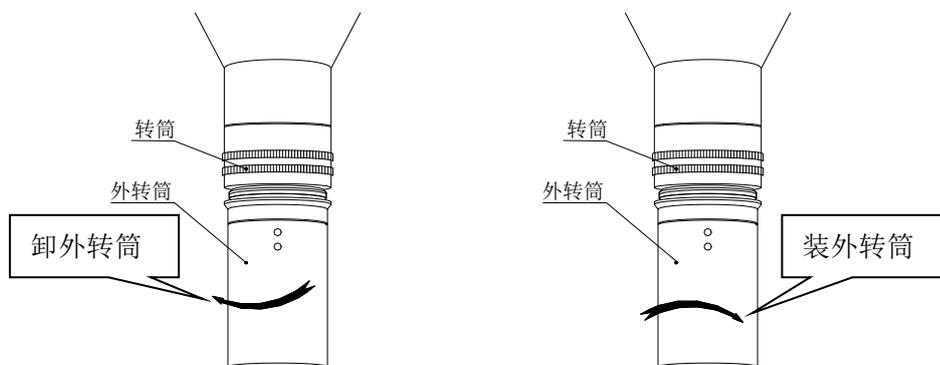
$$\left(\frac{dv}{dx}\right)_n = \frac{2R_1^2 R_2^2}{R^2(R_2^2 - R_1^2)} \omega$$

## 六、样品测试与操作:

### 1、准备

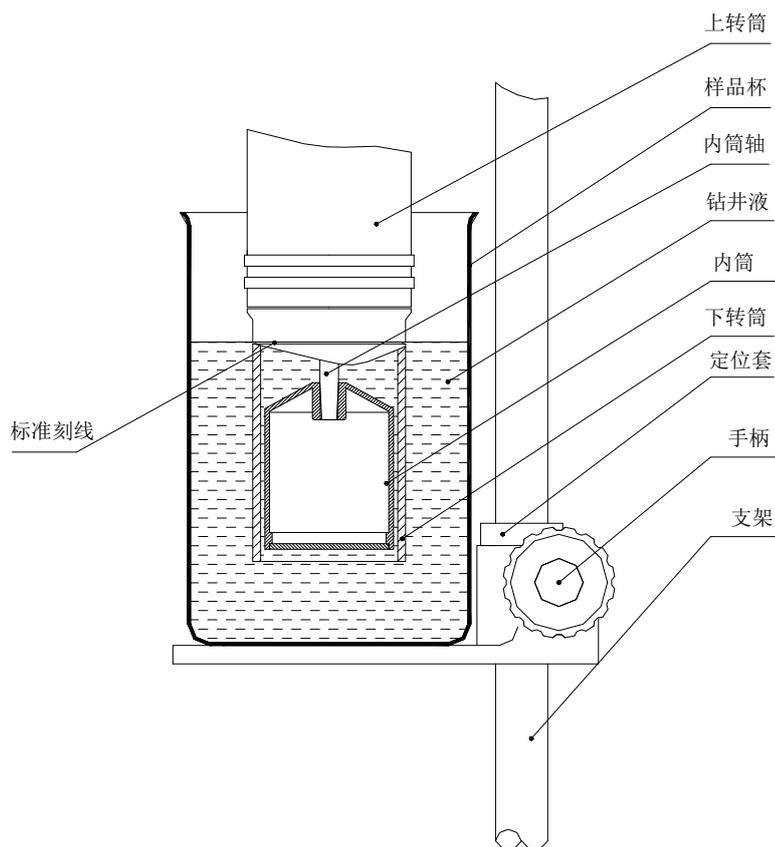
①、取出仪器, 检查各转动部件、电器及电源插头是否安全可靠。

②、向左旋转外转筒, 取下外转筒。将内筒逆时针方向旋转并向上推与内筒轴锥端配合。动作要轻柔, 以免仪器的内筒轴变形和损伤。向右旋转外转筒, 装上外转筒。见(图八)。



(图八) 操作示意图

- ③、接通电源 220V 50Hz。
- ④、将仪器以 300r/min 和 600r/min 转动，观察外转筒不得有摆动，如有摆动应停机重新安装外转筒。
- ⑤、以 300r/min 转动，检查刻度盘指针零位是否摆动，如指针不在零位，应参照仪器校验的第五项“空载零位校验”进行校验。
- ⑥、将刚搅拌过的钻井液倒入样品杯内至刻线处（350ml），立即置于托盘上，上升托盘使内杯液面达到外转筒刻线处。见（图九）。



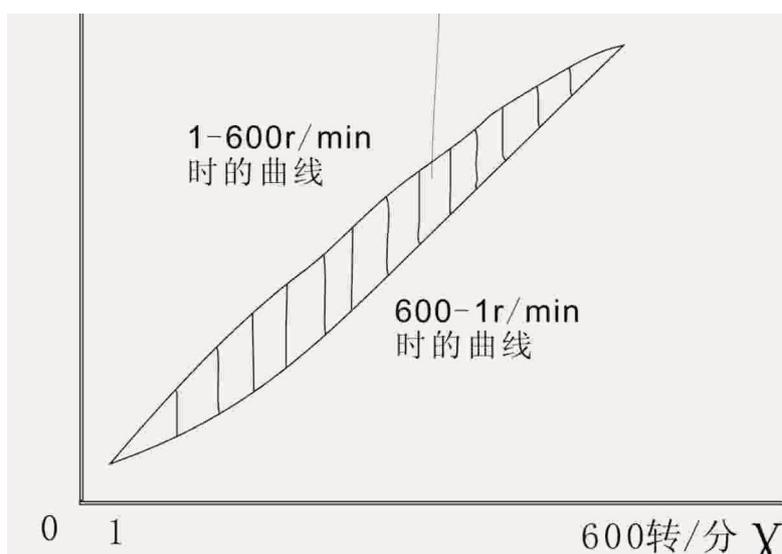
（图九）操作示意图

## 2、操作

（图十）数显旋转粘度计面板图



- ①、按“数字键”进行转速的转换：“3”为3r/min，“6”为6r/min
- ②、按一下为启动，重复按一次为停止，也可连续变换转速



(图十一 曲线上下行原理图)

- 3、测试完后，关闭电源，松开托板手轮，移开样品杯。
- 4、轻轻左旋卸下外转筒，并将内筒逆时针方向旋转垂直向下用力，取下内筒。
- 5、清洗外转筒，并擦干，将外转筒安装在仪器上，清洗内筒时应用手指堵住锥孔，以免脏物和液体进入腔内，内筒单独放置在箱内固定位置。
- 6、测量扭力弹簧要视仪器使用频率1~2年内定期校验，

## 七、仪器的维护与保养

- 1.测试完后必须清洁仪器与样品接触的部件，如外转筒、内筒和样品杯等。必须将外转筒安装在仪器上，以保护内筒轴。
- 2.仪器长期不用时，应放置在干燥环境中，正常使用无需注油润滑。
- 3.内筒为空心式结构，每次测试后应及时清洗擦干,清洗时应手指堵住锥孔，以免脏物和液体进入腔内。
- 4.保证内筒重量为  $70 \pm 5g$ 。内筒锥孔面不得划伤、碰撞。
- 5.每次安装内筒时，应动作轻柔，安装时，手拿内筒逆时针旋转向上用力，卸下内筒时应逆时针旋转向下用力，以免内筒轴弯曲变形。

- 6.在操作和保存扭力弹簧组件时，要轻拿、轻放，以免变形。
7. 当移动、维修或清洁仪器时。要轻拿、轻放，以免造成部件变形影响精度和使用。
8. 维修和移动仪器时应切断电源，方能排除故障和移动。
9. 每次使用完毕后，应及时将仪器擦拭干净，放置干燥环境处。



内筒内腔不准有任何杂物和液体，以免影响测试精度。

## 八、仪器的运输与储存

仪器的运输与储存应符合于 JB/T9329-1999 标准。产品应储存在通风的室内，室内空气中不含有能引起器件腐蚀的杂质。

## 九、故障的判定与排除

序号	故障	原因	排除方法
1	接通电源，电动机不转动。	熔断丝烧断	旋开熔断器更换熔断丝。
2	外转筒摆动大，超过 0.15mm。	碰撞或用力装卸使其变形。	更换外转筒。
3	测量误差偏大。	扭力弹簧失去精度。	参照“仪器校验的扭力弹簧校验方法”进行校正。如扭力弹簧变形，应更换扭力弹簧，方法参照“仪器校验的扭力弹簧更换”。
4	外转筒转动时，内筒掉落。	内筒没安装好、内筒锥孔有杂物或锥孔面碰伤。	清洁内筒锥孔，重新安装内筒。入锥孔面按碰伤应更换新内筒。安装方法参照“测试操作方法 2 条”。
5	刻度盘不转动。	轴承 D85 锈蚀。	取下护罩，松开紧定螺钉，将扭力弹簧和齿轮箱盖拿出，卸下外转筒、内筒、卡圈、轴承盖轴用弹性挡圈，从上部拿出刻度盘和内筒轴，更换轴承

6	内筒轴弯曲。	碰撞内筒轴或装卸内同时用力不均匀。	更换内筒轴。取出内筒轴组件后压出内筒轴,装入新内筒轴时必须配合牢固。
---	--------	-------------------	------------------------------------



维修时必须切断电源,方可维修。

## 十、随机配件、工具、及技术文件一览表

### (一)、随机配件、工具:

序号	名称及规格	单位	数量	备 注
1	电源线	套	1	
2	钻井液杯	只	1	
3				
4				
5				

### (二)、技术文件:

序号	名称及规格	单位	数量	备 注
1	使用说明书	份	1	
2	合格证	份	1	
3	装箱单	份	1	

青岛恒泰达机电设备有限公司

地址：中国·青岛市黄岛区世纪大道西端

电话：86-0532-58762800

传真：86-0532-84139338

网址：[www.hentd.com](http://www.hentd.com)

E-mail：[sale@hentd.com](mailto:sale@hentd.com)