

美国 BROOKFIELD 博力飞

DV-E 粘度计

操作指引手册

手册编号 No. M/98-350-B1199

说明：请以英文操作手册为准，中文版本只作参考。

I. 简介

I.1 简介

美国 Brookfield 公司生产的旋转粘度计是粘度测定的世界标准。DV-E 是 Brookfield 博力飞公司粘度计系列中的实验室仪器，它可以与 Brookfield 博力飞产品系列的其它配件如超低粘度承接器、小量样品承接器、升降支架、螺旋承接器、恒温水浴或加热器等一起使用，从而构成适应范围宽广而全面的粘度测量系统。

I.2 粘度测定原理

所有 Brookfield 粘度计，包括威-博力飞锥/板粘度计，均通过一个经校验过的铍-铜合金的弹簧带动一个转子在流体中持续旋转，旋转扭矩传感器测得弹簧的扭变程度即扭矩，它与浸入样品中的转子被粘性拖拉形成的阻力成比例，扭矩因而与液体的粘度也成正比。

DV-E 型粘度计测定相当广范围的液体粘度，粘度范围与转子的大小和形状以及转速的有关。因为，对应于一个特定的转子，在流体中转动而产生的扭转力一定的情况下，流体的实际粘度与转子的转速成反比，而剪切应力与转子的形状和大小均有关系。对于一个粘度已知的液体，弹簧的扭转角会随着转子转动的速度和转子几何尺寸的增加而增加，所以在测定低粘度液体时，使用大体积的转子和高转速组合；相反，测定高粘度的液体时，则用细小转子和低转速组合。

DV-E 型粘度计采用液晶显示，显示信息包括粘度、扭矩、转子号/转速。

对于博力飞 DV-E 粘度计系列，有四种配有不同形变系数弹簧的型号可供选择：

型号	弹簧扭矩	
	dyne-cm	milli Newton-m
LVDV-E	673.7	0.0673
RVDV-E	7,187.0	0.7187
HADV-E	14,374.0	1.4374
HBDV-E	57,496.0	5.7496

弹簧形变系数越高，其测量范围越大，详细的量度范围请参阅附录 A。

所显示的数值会因所选择的计算单位（CGS 或 SI）而异

1. 粘度：可以显示 cP 或 mPa.s 值。
2. 扭矩：在 DV-E 粘度计显示的是达因.厘米或牛顿.米（均以弹簧扭矩的百分比表示）。

计算单位互换：

	国际单位		CGS
粘度：	1mPa.s	=	1cP
扭矩：	1 Newton-m	=	10 ⁷ dyne-cm

I.3 组件

名称	数量
DV-E 粘度计	1
A 型或 S 型实验室用支架	1
转子数：	
LVDV-E: 4 支	1 套
RVDV-E: 7 支	1 套
HA/HBDV-E: 7 支	1 套
运输保护帽：	1
电缆：	1
护脚：	
LVDV-E	1
RVDV-E	1
包装手提箱：	1

请您仔细检查你收到的货物是否包括了以上所有的项目，以及这些物品有没有损坏。如果缺少某些部件，请尽快联系 Brookfield 博力飞公司或仪器代理商。因为所有因货运途中造成的仪器破损，我们都要向货运公司报告。

I.4 性能

输入电压：115 伏或 230 伏交流电压（订购时请注明贵国的电压）

频率：50/60Hz

功耗：小于 20 瓦

转速：0.3, 0.5, 0.6, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 10, 12, 20, 30, 50, 60, 100

毛重：9 公斤

净重：7.7 公斤

纸箱体积：0.05m³

纸箱尺寸：48×25×38cm

粘度测量精度：所使用量程范围的±1%（详情请参阅附录 D）

重复性：全量程范围的±0.2%

I.5 安装方法

1. 根据附录 E，装配好支架。
2. 调节粘度计的水平，使水平气泡在黑色圆圈中。
3. 拆除转子接头保护帽。
4. 把粘度计背面上的电源开关扳到关闭位置，接上供电电缆。

I.6 控制面板介绍

1. MOTOR ON 按钮：开关电机。
2. AUTO RANGE：显示当前转子/转速组合下，可测量的粘度最大值。
在电源打开时，按住 AUTO RANGE 键不放，可以选择显示粘度的单位是 CGS 制(cP) 或 SI 制(mPa.s)。
3. SPEED/SPINDLE：设定转子和转速。将按键拨到左边，进入转速选择状态；拨到右边，进入转子选择状态。
4. SELECT KNOB 旋钮：用此旋钮可以选定想要的转速或转子。顺时针旋转为转速或转子号增加，反时针旋转转速或转子号降低。

II. 操作说明

II.1 自动校零

打开粘度计主机后面的电源开关。然后显示屏出现图 1 的信息。粘度测量的范围显示在左下角，图 1 显示的是 RV 型。



图 1

几秒钟以后，屏幕会显示：



图 2

过一会之后，荧屏显示为：

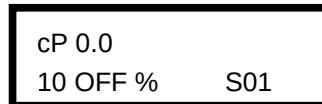


图 3

II.2 选择转子

LVDV-E 粘度计提供 4 个一套的转子和一个窄的护腿；RVDV-E 粘度计提供 7 个一套的转子和一个宽的护腿；HADV-E 和 HBDV-E 粘度计都提供 7 个一套的转子，没有护腿。（参阅附录 D 部分了解关于护腿的更详细的资料。）

将转子旋接到粘度计的连接头上，注意它是左手螺旋线方向的。在连接转子时要注意保护粘度计的连接头，并用一只手轻轻提起它，这样可以避免枢轴针和宝石轴承的强烈碰撞和摩擦。转子的螺帽和粘度计的螺纹连接头要保持光滑和清洁，以避免转子转动不正常。可以通过转子螺帽上的数字识别转子的型号。

DV-E 需要键入转子编号来进行粘度的计算。DV-E 粘度计存储器存储了所有标准转子和自定义转子的编号，每个转子的编号都为两个数字（附录 C 有所有转子的编号）。

注意：当电源关掉时，DV-E 粘度计会将当前使用的转子号保存下来，成为下次开机时的默认转子号。

将 SPEED/SPINDLE 开关拨到右边，然后旋转 SELECT 旋钮知道出现所想设定的转子号，将 SPEED/SPINDLE 键拨回中间位置即刻确定转子号。

这样 DV-E 就可以用新的转子号来进行计算了。

II.3 选择转速，设定，运行

DV-E 粘度计有 18 个转速，见表 1。

DV-E 速度选择	
0.3	10
0.5	12
0.6	20
1.0	30
1.5	50
2.0	60
2.5	100
3.0	
4.0	
5.0	
6.0	

表 1

将 SPEED/SPINDLE 开关拨到左边，然后旋转 SELECT 旋钮直到出现所想设定的转速，将 SPEED/SPINDLE 键拨回中间位置就可确定转速。

如果此时电机是开的状态，屏幕会在转速后显示“RPM”，例如设定的转速为 12RPM，如下图所示：

cP			
12 RPM	%		S01

图 4

如果此时电机是关的状态，屏幕会在转速后显示“OFF”。如下图所示：

cP			
12 OFF	%		S01

图 5

注意：在电机开启状态下，任何转速的改变会即刻生效。要想收集多种转速下的数据，请将 SPEED/SPINDLE 开关拨到左边，这样比较容易改变转速。

在进行粘度测量时，要等一段时间让读数稳定。尤其当转速低于 1RPM 时，因为 DV-E

型粘度计是非连续感应的，转动一圈只有四个感应点，所以要等相当长的时间来让仪器扭矩感应器感应。为了保证读数的精确性，我们建议扭矩百分数应在 10 % 以上范围读数。详情请参阅 Brookfield 发行的“**More Solutions to Sticky Problems**”一书。

II.4 Autorange 自动显示当前转子/转速组合的最大量程以及单位制的选择

按“**AUTO RANGE**”键，可以得到当前转子/转速组合可测量的最大量程。任何时间按此键，都可以看到当前粘度值变成了满刻度量程时的粘度值。这时扭矩%为 100%。图 6 显示的是用 RV 的 1 号转子在 10RPM 转速下的最大测量范围：

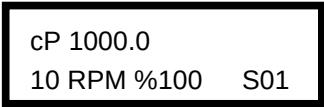


图 6

在开电源的同时按住 **AUTO RANGE** 键不放可以选择粘度的单位是 CGS（cP）制还是 SI（mPa.s）制。用下列方法改变单位：

- 1. 关闭电源。
- 2. 按住 **AUTO RANGE** 键不放，打开电源。

当电机关闭时，所选单位会保留下来。

	CGS	SI
粘度：	cP	mPa.s
	1 cP = 1 mPa.s	

II.5 超出测量范围

Brookfield 博力飞建议测量粘度时，百分比读数应在 10-100%的范围内，这样才能获得准确的数据。当超出 DV-E 的测量范围时，屏幕会有显示。当扭矩超过 100%，百分比读数、粘度均显示为 EEEE，如图 7 所示：

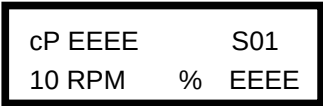


图 7

此时，你需要改变转速或转子。如果你选择的转速使扭矩值低于 10.0%，DV-E 粘度计就会在%（扭矩）和 cP（粘度）单位就会闪动，如图 8 所示：

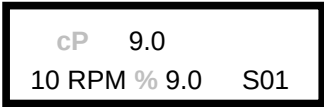


图 8

图 9 是扭矩为负数的情况：

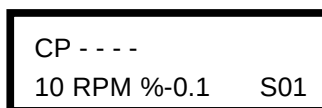


图 9

II.8 粘度测量

当用标准转子配普通型号粘度计测量时，建议使用 600ml 的 Griffin 烧杯。

1. 安装粘度计，调节机身顶部的水平气泡在黑色圆圈中。
2. 将转子浸入样品中至转子杆上的凹槽刻痕处。如果是碟形转子，注意要以一个角度倾斜地浸入样品中以避免因产生气泡而影响测试结果。在这过程中应避免有横向冲击。然后检查粘度计是否处于水平状态，转子浸入深度是否合适。
3. 选择转子和转速组合，使扭矩百分比读数在 **10-100%** 范围内。粘度大的样品，使用面积小的转子和较低的转速；对于低粘度的样品，情况相反。对于非牛顿流体，转速/转子的改变会导致粘度读数的变化。另外，在读数前，应隔一段时间让度数稳定下来，时间的长短取决于不同的流体性质。
4. 每当换转子或样品时，要按 **“MOTOR ON/OFF/ESCAPE”** 键使电机关闭。测量完毕取下转子，然后清洗干净，放回装转子的盒中。
5. 有关数据结果的分析、非牛顿流体和触变性流体的粘度测试方面的阐述，请参阅我司编制的 **“More Solutions to Sticky Problems”** 书，它是随机附送的。

附录 A - 粘度范围

参阅英文操作手册。

附录 B - 对粘度测量的影响因素

参阅英文操作手册。

附录 C - 转子和机型代号

参阅英文操作手册。

附录 D - 校验方法

粘度计的准确性可通过使用博力飞的粘度标准液来测定，标准液为牛顿流体，其粘度值在 25℃ 下测定，各种标准液的粘度请参阅表 E1 和表 E2，以及产品目录第 26 页。

器皿大小：对于粘度小于 30,000cP 的标准液，盛装容器为有 500 毫升有效体积的 600 毫升的低形烧杯，对于粘度大于或等于 30,000cP 的标准液，直接使用盛装标准液的容器。标准容器的内直径为 3.25" (8.25cm)，高度为 4.75" (12.1cm)，注意可以使用比标准烧杯大的容器，但不建议使用比标准烧杯小的容器。

25℃ 标准液		高温标准液
粘度 (cP)	粘度 (cP)	三种粘度/温度
5	5,000	HT-30,000
10	12,500	HT-60,000
50	30,000	HT-100,000
100	60,000	
500	100,000	** 25℃ , 93.9℃ , 149℃
1,000		请参阅 Brookfield 博力飞产 品目录了解更多这方面的信息

表 D1

校验温度：标准液标签上温度±0.1℃ 范围内。

检验条件：安装好粘度计，水浴温度稳定在检验温度，对于 LV 和 RV 系列粘度计，需装上护腿。

博力飞粘度标准液性能简介

通常来说，标准液性能不会随时间而变化。但在使用过程中，标准液会因为混入溶剂，不同粘度的标准液或其它外接物质而受到污染。故此我们推荐用户当标准液使用一年后，更换新的标准液。如果标准液未受到污染，标准液可以循环使用。在烧杯中的粘度标准液可以倒回盛装容器中，作日后之用。在小量样品承接器、超低粘度承接器、加热器或螺旋承接器

中使用的标准液通常倒掉处理。

使用标准转子的 LV, RV, HA, HB 粘度计的校验方法

1. 把盛有标准液的容器浸入水浴。
2. 把粘度计降到测量位置。
3. 装上转子。对于碟状转子，预防有气泡附在转子上。
4. 整套设备保温至少 1 小时，并定时搅拌。
5. 1 小时后，测量当前温度，如果在设定温度的 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 的范围内，开始测量并记录粘度值。
6. 如果粘度计工作正常，所测得的粘度值应该落在允许的误差范围内。

使用小量样品承接器 (SSA) 的粘度计的校验方法

1. 把水夹套的进/出水口与水浴连接，设定并稳定好水浴的温度，在盛样器中加入适量的标准液。
2. 把盛样器装入水夹套中。
3. 插入转子，利用接头延长杆把转子连接到 DV-E 粘度计上。
4. 恒温一段时间使粘度标准液、盛样器和转子的温度达到测试温度。
5. 开始测量并记录粘度值。

使用恒温加热器 (Thermoset) 的粘度计的校验方法

使用恒温加热器时，先在控制器设定并稳定好测试温度

1. 在 HT-2 样品盛装容器中加入适量的 HT 标准液。
2. 把盛样器装入恒温加热器中。
3. 插入转子，利用接头延长杆把转子连接到 DV-E 粘度计上。
4. 恒温一段时间使粘度标准液、盛样器和转子的温度达到测试温度。
5. 开始测量并记录粘度值。

使用超低粘度承接器 (ULA) 的粘度计的校验方法

1. 把水夹套的进/出水口与水浴连接，设定并稳定好水浴的温度，在盛样器中加入适量的标准液。
2. 插入转子，利用接头延长杆把转子连接到粘度计上。
3. 把盛样器固定在安装槽上。
4. 降低粘度计，把盛样器浸入水浴，或装上水夹套。
5. 恒温一段时间使粘度标准液、盛样器和转子的温度达到测试温度。
6. 开始测量并记录粘度值。

使用升降支架的粘度计的校验方法

对于使用升降支架和 T 形转子的粘度计，首先拆下 T 形转子，装上标准转子（LV：#1-#4，RV：#1-#7）。方法与校验使用标准转子的粘度计一样。T 型转子不能用于检验粘度计。

使用螺旋承接器的粘度计的校验方法

1. 把盛有标准液的容器浸入水浴。
2. 装上转子，套上外筒 SA-1Y，并把外筒固定在粘度计上。
3. 把粘度计降低到测量位置，让电机以 50RPM 或 60RPM 的速度旋转，一直到标准液溢出外筒。
4. 整机预热至少 60 分钟，并定期开动电机搅拌。
5. 1 小时后，测量当前温度，如果在设定温度的 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 的范围内，开始测量并记录粘度值。
6. 如果粘度计工作正常，所测得的粘度值应该落在允许的误差范围内。

如何判定粘度计是否准确

当判定粘度计是否准确时，我们需要同时考虑仪器本身和标准液自身的误差。对于某种转子和转速的组合，粘度计的测量误差范围为该组合下所能测量的最大粘度值的。对于标准液，其误差范围是表称粘度值的 $(\pm)1\%$ 。

例子：

计算 RVDV-E 粘度计在转速为 2RPM，RV-3 转子的情况下，利用在 25°C 时粘度值为 12,257cP 的博力飞粘度标准液 12,500 校验其准确性时，可允许的粘度误差范围。

1. 计算当前情况下能测量的最大粘度值
最大粘度值 (cP) = $\text{TK} * \text{SMC} * 10,000 / \text{RPM}$
TK 为弹簧扭转当量，对于 RVDV-E 粘度计为 1.0
SMC 为转子常数，对于 RVDV-E 的 #3 转子为 10.0
最大粘度值 = $1 * 10 * 10,000 / 2 = 50,000 \text{cP}$
因此 RVDV-E 粘度计在当前情况下误差范围为 $50,000 \text{cP} * (\pm)1\% = (\pm)500 \text{cP}$
2. 标准液粘度误差 = $12,257 * (\pm)1\% = (\pm)122.57 \text{cP}$
3. 允许的粘度误差范围 = 粘度计误差范围 + 标准液粘度误差范围
= $(500 + 122.57) = (\pm)622.57 \text{cP}$
4. 因此当读数在 11,634.4 (12257-622.57) 和 12,879.6cP (12257+622.57) 之间时，证明该粘度计工作正确。否则，该粘度计需要进行检验和维修。

护腿的作用

对于所有的博力飞 LV 和 RV 旋转粘度计都配有护腿，为保护转子而设计。因为护腿是作为仪器校验中的需要考虑的一个部件，所以必须装上护腿，否则会影响测量的准确性。在实际应用过程中，很多时候会碰到盛装样品的容器小于 600 毫升，护腿需要拆除的情况。在这

种情况下，粘度计也会测量到一个准确而又可重复的扭矩百分比读数（Torque），在没有根据当前情况下对博力飞因子（factor）进行修正而直接换算成粘度值时，所得的粘度值不是样品实际的粘度。

附录 E： A 型实验室用粘度计安装支架，详情参阅英文版操作手册。

附录 F： 故障诊断和疑难解答，详情参阅英文版操作手册。

附录 G： 售后维修服务保证期，详情参阅英文版操作手册。