

美国 **BROOKFIELD** 博勒飞
表盘式粘度计（步进电机式）
操作手册

手册编号：**M/00-151-D1207**

说明：请以英文操作手册为准，中文版本仅供参考。



SPECIALISTS IN THE
MEASUREMENT AND
CONTROL OF VISCOSITY

BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES, INC.

11 Commerce Boulevard, Middleboro, MA 02346-1031 USA

TEL 800-628-8139 or 508-946-6200 FAX 508-946-6262

www.brookfieldengineering.com

目 录

I. 简介	3
I.1 仪器组成	4
I.2 规格	4
I.3 技术指标	4
I.4 安装方法	5
I.5 IQ, OQ, PQ	5
I.6 安全标志和警告	5
I.7 仪器清洗	6
II. 操作说明	7
II.1 操作	7
II.2 粘度测量	7
II.3 读数和粘度计算	7
II.4 粘度测量影响因素	10
附录 A – 粘度测量范围	11
附录 B – 粘度测量中的变量	13
附录 C – 校验方法	15
附录 D – A 型实验室用粘度计安装支架	19
附录 E – Brookfield 护腿	22
附录 F – 故障诊断和疑难解答	24
附录 G – 保修和售后服务	25
粘度实验报告模板	26

I. 简介

Brookfield 表盘式粘度计测量指定剪切率的流体粘度。粘度是流体抵抗流动的一个度量。您可以从粘度计附带的“*More Solutions to Sticky Problems*”一书中找到粘度计算的详细描述。表盘式粘度计的测量原理是通过一个经校验过的铍-铜合金的弹簧，带动一个转子在被测流体中持续旋转，红色指针指示的弹簧形变程度即扭矩，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。它与 Brookfield 博勒飞产品系列的其它附件如超低粘度适配器、小量样品适配器、升降支架、螺旋适配器、恒温循环水浴或加热器附件等一起使用，从而构成适应范围宽广而全面的粘度测量系统。

表盘式粘度计可以测定相当广泛范围的液体粘度（厘泊 cP 或毫帕斯卡·秒 mPa.s），测量的粘度范围与转子的尺寸、形状、转速以及所使用的容器以及弹簧的最大扭矩有关。对于指定粘度的样品，转子的尺寸和/或转速越大，感应的阻力就越大。最小粘度可由最大的转子在最高转速下测得；最大粘度则可由最小的转子在最低转速下测得。

Brookfield 有四种基本弹簧扭矩可供选择：

型号	弹簧扭矩	
	<u>dyne-cm</u>	<u>milli Newton-m</u>
LV	673.7	0.0673
RV	7,187.0	0.7187
HA	14,374.0	1.4374
HB	57,496.0	5.7496

弹簧形变扭矩越高，其测量范围越大。每一种扭矩的粘度测量范围，请参阅附录 A。

所有测量单位均通过使用著名扭矩读数转换的“**Brookfield 计算因子表**”来换算成为厘泊(cP)单位。

不同单位换算关系：

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

1.1 仪器组成

名称	数量	订货编号
1) 表盘式粘度计	1 台	取决于你所需扭矩范围
2) 实验室用支架	1 套	A 型实验室用支架
3) 转子数 (根据型号配置其中一套):		
LVT: 4 支	1 套	SSL (LV 61-64)
RVT: 6 支	1 套	SSR (RV 2-7)
HA/HBT: 6 支	1 套	SSH (HA/HB 2-7)
4) 护腿 (HA/HB 机型没有护腿):		
LVT	1 个	B-20Y
RVT	1 个	B-21Y
5) 电源线:	1 根	AV-6 115/DVP-65 AV-6 230/DVP-66
6) 运输保护帽:	1 个	B-30-1
7) 便携手提箱:	1 个	001Y
8) 操作手册	1 本	M/00-151
9) 计算因子表	1 个	CC-9

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 博勒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, 均要向承运公司追踪跟进。

1.2 规格

输入电压以及频率: 100 - 240 VAC

频率: 50/60 Hz \pm 5%

功耗: 15 Watts, Class II certified plug-in power supply rated: 12V @ 1.25A



注意: 主电流电压波动不得超出标准电源电压的 10%。

1.3 技术指标

转速:

LVT	60, 30, 12, 6, 3, 1.5, 0.6, 0.3
RVT	100, 50, 20, 10, 5, 4, 2.5, 2, 1, 0.5
HAT	100, 50, 20, 10, 5, 4, 2.5, 2, 1, 0.5
HBT	100, 50, 20, 10, 5, 4, 2.5, 2, 1, 0.5

粘度测量精度：所使用量程范围的 $\pm 1\%$ （详情请参阅附录 C）

重复性：所使用全量程范围的 $\pm 0.2\%$

重量：	毛重	9 kg	20 lb
	净重	7.7 kg	17 lb
	纸箱体积	0.05m ³	1.65 Cu ft

操作环境：5-40°C（41-104°F）

操作相对湿度：30°C 80% 线性减少到 40°C 50%

电器认证：符合 CE / UL 标准。其中表盘式粘度计的防爆机型的 UL 证书编号为 E22083；可在 UL Class 1, Division 1, Group D 场合使用。

Brookfield 表盘式粘度计自购机后两年内材料和人工实行质量保证。粘度计必须返回 Brookfield 公司或购买的代理商处，以获得免费的保修服务。

1.4 安装方法

请保存好仪器的运输包装箱，以便日常需要退回你的仪器给 Brookfield 或授权代理商做售后服务时使用。标准粘度计的便携式手提箱也需保存，以便增加仪器运输过程中的保护。未使用这些特别设计的包装箱来运送仪器，将不接受有关您的仪器质保。当您遗失或损坏了这些特别包装箱，请和 Brookfield 联系。只需支付少部分费用即可更换新包装箱。

1. 根据附录 D，装配好实验室支架。
2. 将粘度计稳妥的安装到实验室支架上。金属安装杆应插入支架上夹具组件的孔中。
3. 调节粘度计的水平，使机头顶部的水平气泡在圆圈中。如果粘度计不处于水平状态，重新调节实验室支架。



注意：在连接粘度计到电源上时，核实粘度计的电源要求和你的电源是否匹配。

1.5 IQ, OQ, PQ

如果用户需要厂家资格证书，请登录我们的英文网站：
www.brookfieldengineering.com，从上面可以得到有关确认仪器达到 IQ(安装合格证书), OQ(操作合格证书), PQ(性能合格证书)要求的指导性文件。

1.6 安全标志和警告

安全标志

以下是一些在操作手册中可以看到的安全标志的解释。



可能出现的危险电压。



特别警告，避免个人受伤或仪器损坏。

警告标志



如果该仪器不是在厂商指导方法下使用，那么由仪器自身提供的保护将会削弱。



这个仪器不能在有潜在危险的环境中使用。联系 Brookfield，以获得相关特殊应用的仪器推荐。



紧急情况下，关掉仪器并切断电源线和电源插座的连接。



用户应当确保该仪器测试的样品不会在测试温度下释放有毒或易燃的气体。

1.7 仪器清洗



清洗之前要确保转子从仪器上取下来。如果不取下来可能会导致仪器严重损坏。

仪器和面板按键的清洗：用干而柔软的布清洗。不要用溶剂或洗洁精来清洗。

浸入部件（转子和护腿）的清洗：所有浸入部件均由 302 不锈钢材料制成。可用柔软的布和对样品有溶解力但对浸入部件没有腐蚀性的溶剂来清洗。

注意：当清洗转子时，请勿用力过猛，以免导致转子弯折。

II. 操作说明

II.1 操作

1. 确保电源插头安全插到电源上。
2. 插上电源的金属插头到粘度计后面的环形插槽。
3. 粘度计上的黑色橡胶棒开关控制马达并三个档位：
上：关闭---关掉马达并停止表盘旋转
中：打开---驱使表盘在选定转速下旋转
下：暂停（或马达停止）---旋转时驱使表盘暂停
4. LV 型粘度计使用一套 4 支的转子和一个窄型护腿；RV 型粘度计使用一套 6 支的转子和一个宽型护腿；HA 和 HB 型粘度计使用一套 6 支的转子，但无护腿。
5. 通过旋转粘度计顶部的黑色旋钮（旋左或者旋右）来转换需要的转速（rpm）。
6. 压下离合杆时，抬起表盘以倚着红色指针而保持粘度计读数。松开离合表盘落下而使指针自由摆动。

II.2 使用粘度计

1. 给粘度计装上护腿（如果需要用的时候装）。
2. 无转子情况下，通过旋转夹具右侧的黑色旋钮来降低粘度计。粘度计应居于测试样品的正上方。
3. 对于圆盘形转子，为了防止有气泡附在转子上，先将转子以一个角度倾斜插入样品中，在液体中缓慢拖动转子成垂直状态，然后再安装到粘度计机头上。
4. 正确安装转子非常重要。轻轻抬起粘度计的转子连接螺帽，避免任何的横向移动。稳稳地保持住，并同时旋紧装上转子。注意：它是左旋方向！
5. 降低粘度计，并使转子居于测试样品。直至弯液面位于浸入环的中间。

II.3 读数和计算粘度

1. 选择需要的转速。
2. 打开粘度计马达开关。
3. 给予读数稳定的时间；该时间根据您的测试样品或者测试方法而改变。任何读数前，建议

最少运行 5 转。

4. 读一个数，需要压下离合杆并压住它在低位。仍然压住离合杆时，扳动马达开关至暂停（Pause）或停止（OFF）位置。如有必要，调节表盘位置，以使红色指针出现在粘度计窗口中。压下离合杆，锁定弹簧形变在适合的位置，从而提供了表盘读数；保持马达开关处在暂停（Pause）或者停止（OFF）位置，就停下了马达并使表盘停止转动，从而您可以记录读数。

尽管不是必须要这样做，但我们仍建议改变转速时请不要读数！

5. 记录下表盘上红色指针指示的读数：这个读数即为大家熟知的扭矩%。为了转换扭矩%为厘泊（cP）单位的粘度值，表盘读数乘上测试所使用的转子和转速相应因子。（参阅 P8 和 P9）。

为了确保精度，不可取扭矩低于 10% 的读数。扭矩高于 100% 时，不要让您的粘度计持续长时间运转。

6. 更换转子和样品时，须停止马达（OFF 位置）。清洁前，先卸下转子。
7. 结果的阐释，如操作手册的附录 B 或者“More Solutions to Sticky Problems”中所论述。

下页（P9）的表格适用于配置标准转子的 Brookfield LV/RV/HA/HB 型粘度计。它们使得用户可以把百分比刻度读数转换为厘泊单位（或毫帕秒）的粘度值。为了转换粘度计表盘读数为厘泊（cP）单位的粘度值，用粘度计的表盘读数乘上列表中的相应因子。如下例：

表盘读数 x 因子 = 厘泊粘度 cP (mPa·s)

例如：LVT粘度计，使用61号转子，转速为6rpm

表盘读数：75 因子：10

$$75 \times 10 = 750 \text{ cP (mPa}\cdot\text{s)}$$

任何转速和转子组合的满量程粘度范围等于因子 x 100。

因子 x 100 = 满量程 (FSR)

例如：LVT粘度计，使用61号转子，转速为6rpm的组合条件下。

满量程 (FSR) 为 $10 \times 100 = 1,000 \text{ cP}$

LV系列粘度计

转子编码							
1 & 61		2 & 62		3 & 63		4 & 64	
0.3	200	0.3	1K	0.3	4K	0.3	20K
0.6	100	0.6	500	0.6	2K	0.6	10K
1.5	40	1.5	200	1.5	800	1.5	4K
3	20	3	100	3	400	3	2K
6	10	6	50	6	200	6	1K
12	5	12	25	12	100	12	500
30	2	30	10	30	40	30	200
60	1	60	5	60	20	60	100

注意：LV转子标号为1、2、3、4。数显粘度计要求二位数的输入码，因而 61、62、63、64为对应的转子代码。新型粘度计提供的转子标定为61、62、63、64。

RV系列粘度计

转子编码													
* 1		2		3		4		5		6		7	
0.5	200	0.5	800	0.5	2K	0.5	4K	0.5	8K	0.5	20K	0.5	80K
1	100	1	400	1	1K	1	2K	1	4K	1	10K	1	40K
2	50	2	200	2	500	2	1K	2	2K	2	5K	2	20K
2.5	40	2.5	160	2.5	400	2.5	800	2.5	1.6K	2.5	4K	2.5	16K
4	25	4	100	4	250	4	500	4	1K	4	2.5K	4	10K
5	20	5	80	5	200	5	400	5	800	5	2K	5	8K
10	10	10	40	10	100	10	200	10	400	10	1K	10	4K
20	5	20	20	20	50	20	100	20	200	20	500	20	2K
50	2	50	8	50	20	50	40	50	80	50	200	50	800
100	1	100	4	100	10	100	20	100	40	100	100	100	400

HA系列粘度计

转子编码													
* 1		2		3		4		5		6		7	
0.5	400	0.5	1.6K	0.5	4K	0.5	8K	0.5	16K	0.5	40K	0.5	160K
1	200	1	800	1	2K	1	4K	1	8K	1	20K	1	80K
2	100	2	400	2	1K	2	2K	2	4K	2	10K	2	40K
2.5	80	2.5	320	2.5	800	2.5	1.6K	2.5	3.2K	2.5	8K	2.5	32K
4	50	4	200	4	500	4	1K	4	2K	4	5K	4	20K
5	40	5	160	5	400	5	800	5	1.6K	5	4K	5	16K
10	20	10	80	10	200	10	400	10	800	10	2K	10	8K
20	10	20	40	20	100	20	200	20	400	20	1K	20	4K
50	4	50	16	50	40	50	80	50	160	50	400	50	1.6K
100	2	100	8	100	20	100	40	100	80	100	200	100	800

HB系列粘度计

转子编码													
* 1		2		3		4		5		6		7	
0.5	1.6K	0.5	6.4K	0.5	16K	0.5	32K	0.5	64K	0.5	160K	0.5	640K
1	800	1	3.2K	1	8K	1	16K	1	32K	1	80K	1	320K
2	400	2	1.6K	2	4K	2	8K	2	16K	2	40K	2	160K
2.5	320	2.5	1.28K	2.5	3.2K	2.5	6.4K	2.5	12.8K	2.5	32K	2.5	128K
4	200	4	800	4	2K	4	4K	4	8K	4	20K	4	80K
5	160	5	640	5	1.6K	5	3.2K	5	6.4K	5	16K	5	64K
10	80	10	320	10	800	10	1.63K	10	3.2K	10	8K	10	32K
20	40	20	160	20	400	20	800	20	1.6K	20	4K	20	16K
50	16	50	64	50	160	50	320	50	640	50	1.6K	50	6.4K
100	8	100	32	100	80	100	160	100	320	100	800	100	3.2K

* 可选件



转子



转子转速



因子

K = 1000

II.4 粘度测量影响因素

使用表盘式粘度计进行测量时，要考虑以下两种情况对低粘度测量结果的影响。

- 1) 对于任意的转子和转速组合，凡是在 10%-100%扭矩范围内得到的数据都被认可。
- 2) 粘度测量必须在稳定的层流状态下进行，不要在湍流状态下进行。

第一种考虑是与仪器的精度有关。所有不同规格的表盘式粘度计的精度都等于所使用转子/转速组合下的最大测量范围的 (+/-) 1%。我们不建议在扭矩百分值低于 10%的时候读取数据，就是因为此时的 (+/-) 1%潜在性误差相对于仪器读数而言很大。

第二个考虑涉及到流体流动的力学特性。所有流变特性的测量都要求流体必须在层流状态下进行。层流就是指所有的物质颗粒因受到剪切力的作用在一个流层上发生的移动现象。对于旋转体系，这就意味着流体的移动路径是圆周形的。当施加到流体内部的作用力变得很大的时候，流体本身会被破坏变成湍流状态，这样流体颗粒的移动就变得很随意而无规律，利用标准的数学方法就很难对流动行为进行分析。这种湍流会使得粘度数值错误地偏高，出现非线性的结果，粘度读数的偏离程度与流体紊乱的程度有关。

对于下列形状的转子，我们发现大约在以下转变点会发生湍流的情况：

- 1) LV-1 转子：在 60RPM 下的 15cP
- 2) RV-1 转子（可选项）：在 50RPM 下的 100cP
- 3) ULA 适配器：在 60RPM 下的 0.85cP

凡有 RPM/cP 的比值高于上述数值，在这些剪切情况下湍流都会存在。

附录 A – 粘度测量范围

LV 系列粘度计标配#61~#64 转子

RV/HA/HB 系列粘度计标配#2~#7 转子

粘度计测量范围 (cP)		
粘度计	最小	最大
LVT	15	2,000,000
RVT	100	8,000,000
HAT	200	16,000,000
HBT	800	64,000,000

SSA 小量样品适配器和加热器

SSA/Thermosel 转子	剪切率 (sec^{-1})	粘度 (cP)
		LVT
SC4-16 (SSA)	0.29 N	200 - 400,000
SC4-18 (SSA/T-sel)	1.32 N	5 - 10,000
SC4-25 (SSA)	0.22 N	800 - 1,600,000
SC4-31 (SSA/T-sel)	0.34 N	50 - 100,000
SC4-34 (SSA/T-sel)	0.28 N	100 - 200,000

SSA/ Thermosel 转子	剪切率 (sec^{-1})	粘度 (cP)		
		RVT	HAT	HBT
SC4-14 (SSA)	0.40N	1,250 - 2,500,000	2,500 - 5,000,000	10,000 - 20,000,000
SC4-15 (SSA)	0.48N	500 - 1,000,000	1,000 - 2,000,000	4,000 - 8,000,000
SC4-21 (SSA/T-sel)	0.93N	50 - 100,000	100 - 200,000	400 - 800,000
SC4-27 (SSA/T-sel)	0.34N	250 - 500,000	500 - 1,000,000	2,000 - 4,000,000
SC4-28 (SSA/T-sel)	0.28N	500 - 1,000,000	1,000 - 2,000,000	4,000 - 8,000,000
SC4-29 (SSA/T-sel)	0.25N	1,000 - 2,000,000	2,000 - 4,000,000	8,000 - 16,000,000

<i>N = RPM</i>

ULA 适配器

ULA转子	剪切率 (sec ⁻¹)	粘度 (cP)			
		LVT	RVT	HAT	HBT
YULA-15 or 15Z	1.224N	1.0 - 2,000	6.4 - 2,000	12.8 - 2,000	51.2 - 2,000
ULA-DIN-Y	1.29N	1.9 - 3,812	12.2 - 5,000	24.4 - 5,000	97.6 - 5,000

N = RPM

Z = 316 不锈钢

带 T-bar 转子的 Helipath 升降支架

T-Bar 转子	粘度 (cP)			
	LVT	RVT	HAT	HBT
T-A	156 - 62,400	2,000 - 400,000	4,000 - 800,000	16,000 - 3,200,000
T-B	312 - 124,800	4,000 - 800,000	8,000 - 1,600,000	32,000 - 6,400,000
T-C	780 - 312,000	10,000 - 2,000,000	20,000 - 4,000,000	80,000 - 16,000,000
T-D	1,560 - 624,000	20,000 - 4,000,000	40,000 - 8,000,000	160,000 - 32,000,000
T-E	3,900 - 1,560,000	50,000 - 10,000,000	100,000 - 20,000,000	400,000 - 80,000,000
T-F	7,800 - 3,120,000	100,000 - 20,000,000	200,000 - 40,000,000	800,000 - 160,000,000

附录 B – 粘度测量中的变量

用任何型号的仪器进行测量时，都会有很多变量影响到粘度的测量结果。这些变量与仪器本身或所测试的样品本身有关。跟样品有关的变量就是流体的流变特性，而与仪器有关的变量包括了粘度计自身的设计以及所使用的转子几何形状。

流变特性

在粘度测量中，流体有几个流变特性被描述。我们可以根据流体的特性，选择相应的实验室仪器或在线仪器进行检测。

流体有以下两大类：

牛顿流体 – 这类流体在不同的剪切条件下（不同的转速）测量都得到相同的粘度值，我们称这些在测量所用的剪切率范围内表现出牛顿流体行为特性的流体称为牛顿流体。

非牛顿流体 – 这类流体在不同的剪切条件下（不同的转速）测量得到不同的粘度值。它们有以下两种：

- 1) 时间独立性非牛顿流体
- 2) 时间依赖性非牛顿流体-----时间依赖性与在一个指定的剪切率条件（转速）下样品测量的时间长度有关。因此，此类流体的粘度随剪切率和测量时间改变而改变。

时间独立性

假塑性流体 – 假塑性流体随着剪切率的增加，其粘度会降低，即为熟知的“剪切变稀”。如果从低转速到高转速变化过程中读取粘度读数，然后从高转速回到低转速，粘度值会自行由低粘度回复到高粘度，这种流体具有与时间无关、假塑性和剪切变稀的特性。

塑性流体 – 塑性流体在静止条件下表现为固体。该类流体开始流动前，须施加一定大小的外力或屈服力。一旦超过屈服力，则开始流动。塑性流体也可能会显示牛顿性、假塑性或者膨胀性的流动行为。

膨胀性流体 – 膨胀性流体的粘度随剪切率的增加而增加。

时间依赖性

触变性流体 – 触变性流体在恒定的剪切率条件下粘度值是下降的。您可以设定粘度计在一个恒定的转速下测量，记录粘度随时间改变的读数，如果发现粘度值随时间而下降，则说明该样品具有触变性。

流凝性流体 – 流凝性流体在恒定剪切率（转速）下，粘度值会随时间而增加。

在 Brookfield 出版的“More Solutions to Sticky Problems”书中，对流体流变学原理和非牛顿行为有更详尽的阐述，可供您参阅。

与粘度计有关的变量

大多数的流体属于非牛顿流体，剪切率的大小取决于测量条件。这些流体的粘度与剪切率和转子的几何形状有很大的关系。粘度计转子和样品杯的规格都会影响粘度测量值。如果在 2.5rpm 下测得一个数据，在 50rpm 下测得第二个数据，二个数据会不同，因为数据是在不同的剪切率条件下测得的。转子的转速越大，则剪切率越高。

对于一个给定的测试，剪切率大小由几个因素决定：转子的转速，转子的尺寸和形状，所使用的样品容器的尺寸和形状，以及容器壁和转子表面之间的距离。

要想得到重复性好的粘度测量数据，应该控制好以下几个实验条件：

- 1) 测量温度
- 2) 样品容器的大小（或转子/样品杯的几何尺寸）
- 3) 样品用量
- 4) 粘度计型号
- 5) 所用的转子（两位数字的转子标识码）
- 6) 测试速度（或剪切率）
- 7) 测量时间的长短或记录时转子旋转的圈数

附录 C – 校验方法

粘度计的准确性可通过使用 Brookfield 的粘度标准液来检定，标准液为牛顿流体，所以其粘度值在不同的转速（或剪切率）条件下测量都是相同的。标准液在 25°C 下校验，各种规格的标准液粘度范围请参阅表 C1。

样品容器大小：对于粘度小于 30,000cP 的标准液，盛装容器为 600 毫升（有 500 毫升有效体积）的浅型烧杯。

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。

标准容器的内部直径：3.25"(8.25cm)

高度：4.75"(12.1cm)

注意：可以使用比标准烧杯大的容器，但不建议使用比之小的容器。

温度：标准液标签上温度 (+/-) 0.1°C 范围内。

检定条件：根据操作说明安装好粘度计，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。

25°C 标准液		高温标准液
粘度 (cP)	粘度 (cP)	用于 Thermosel 加热器附件
5	5,000	HT-30,000
10	12,500	HT-60,000
50	30,000	HT-100,000
100	60,000	在三种粘度/温度条件下校验用
500	100,000	25°C, 93.3°C, 149°C
1,000		更多详情，请参阅 Brookfield 产品目录

表 C1 （硅油型标准液）

BEL Part No.	粘度 (cP) 25°C
B31	31
B210	210
B750	750
B1400	1,400
B2000	2,000
B11000	11,000
B20000	20,000
B80000	80,000
B200000	200,000
B420000	420,000

表 C1 （矿物油型标准液）

Brookfield 粘度标准液性能简介

通常来说，标准液因为是纯净的硅油类产品，其性能不会随时间而变化。但在使用过程中，标准液常常会因为混入溶剂、不同粘度的标准液或其它外界物质而受到污染。因此我们建议用户在标准液开启使用一年后，更换新的标准液。每瓶标准液的标签上印有产品有效期。

粘度标准液可以在常规实验室环境下保存。标准液的废弃处理应该根据当地法律要求和其物质安全资料表（MSDS）上的规定来进行。

Brookfield 不再给已经售出的标准液做第二次检定认证。我们会随标准液向用户提供从购买之日起两年内有效的校验证书。

如果标准液未受到污染，可以循环使用。在 600mL 烧杯中使用的粘度标准液可以倒回标准液的原包装瓶中，留做日后之用。在小量样品适配器、超低粘度适配器、加热器或螺旋适配器中使用的标准液，因为用量很少，所以通常情况下我们建议使用一次就倒掉处理。

Brookfield 的 LV, RV, HA, HB 型标准转子的校验方法

1. 把盛有标准液的容器放入恒温循环水浴中恒温。
2. 把粘度计降到测量位置（如果是 LV 或 RV 机型，记得使用护腿）。
3. 装上转子。对于圆盘形转子，为了防止有气泡附在转子上，先将转子以一个角度倾斜插入样品中，然后再安装到粘度计机头上。
4. 整套设备恒温至少 1 小时，并在测量前定时搅拌标准液，以确保温度均匀一致。
5. 1 小时后，用一支精度高的温度计测量标准液的温度。标准液的温度必须在指定温度的 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 范围内（通常是 25°C ）。
6. 当标准液的温度达到测试温度，开始粘度测量并记录粘度值。

注意：在记录粘度读数前至少要让转子转动 5 圈以上。

7. 测得的粘度值应该等于读数加上粘度计和标准液的精度误差值（校验测量结果的解释在下面内容中有讨论，请参阅）

小量样品适配器（SSA）的校验方法

将 SSA 的水浴夹套的进/出水口与恒温水浴连接，设定并稳定好水浴的温度到测试温度。

1. 将适量的样品装入 SSA 适配器的样品筒里。每一个转子和相应的样品筒所需的样品量都不同的。（参考 SSA 适配器的操作说明）
2. 把样品筒装入水浴夹套中。
3. 将转子插入样品，利用延长挂钩把转子连接到粘度计上（或直接安装本身就是固定杆的转子）。
4. 恒温 30 分钟使粘度标准液、样品筒和转子的温度达到测试温度。
5. 开始测量并记录粘度值。

注意：在记录粘度读数前至少要让转子转动 5 圈以上。

6. 测得的粘度值应该等于读数加上粘度计和标准液的精度误差值（校验测量结果的解释在下面内容中有讨论，请参阅）

加热器 (Thermosel) 的校验方法

粘度计使用加热器附件一起做校验时，我们建议分两个步骤进行。

- A) 如果要单独评估粘度计，建议用标准转子 LV (#1-4) 和 RV, HA, HB (#2-7) 进行校验。
- B) 如果要评估粘度计和加热器共同使用的准确性，校验方法如下：
 - 先将加热器的控制器设定并稳定好测试温度
 1. 在 HT-2 或 HT-2DB 样品筒中加入适量的 HT 型高温标准液。
 2. 把样品筒放入加热器的加热炉里。
 3. 将转子插入样品中，利用延长钩把转子连接到粘度计上。
 4. 恒温 30 分钟使粘度标准液、样品筒和转子的温度达到测试温度。
 5. 开始测量并记录粘度值。注意：在记录粘度读数前至少要让转子转动 5 圈以上。
 6. 测得的粘度值应该等于读数加上粘度计和标准液的精度误差值（校验测量结果的解释在下面内容中有讨论，请参阅）

超低粘度适配器或 DIN 适配器 (ULA&DIN) 的校验方法

当使用 ULA 或 DIN 适配器进行校验时，设定并稳定好水浴温度到测试温度。

1. 在样品筒中加入适量的标准液。
2. 将转子插入样品中，利用延长钩把转子连接到粘度计上。
3. 把样品筒固定在安装槽上。
4. 降低粘度计，把样品筒浸入恒温水浴，或装上水浴夹套。
5. 恒温 30 分钟使粘度标准液、样品筒和转子的温度达到测试温度。
6. 开始测量并记录粘度值。注意：在记录粘度读数前至少要让转子转动 5 圈以上。
7. 测得的粘度值应该等于读数加上粘度计和标准液的精度误差值（校验测量结果的解释在下面内容中有讨论，请参阅）

Helipath 升降支架和 T-bar 转子的校验方法

T-bar 转子不能用来校验粘度计。

螺旋适配器的校验方法

1. 把盛有标准液的容器浸入水浴恒温。
2. 装上转子，套上外筒 SA-1Y，并固定在粘度计上。
3. 把粘度计降低到测量位置，让马达以 50RPM 或 60RPM 的速度旋转，一直到标准液溢出外筒。
4. 标准液和转子一起预热至少 1 个小时，并定期开动马达搅拌。
5. 1 小时后，用精密温度计测量当前温度。
6. 如果已经达到设定温度（通常为 25°C）的 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 范围内，开始测量并记录粘度值。注意：在记录粘度读数前，转子须旋转至样品从样品套筒顶部“泵出”。
7. 测得的粘度值应该等于读数加上粘度计和标准液的精度误差值（校验测量结果的解释

在下面内容中有讨论，请参阅)。

校验结果的分析 and 解释

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，表盘式粘度计的测量误差为该组合下所能测量最大粘度值的 $\pm 1\%$ 。对于标准液，其误差范围是标称粘度值的 $\pm 1\%$ 。

例子：

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

1) 参照计算因子表，计算出当前情况下能测量的满量程最大粘度值。该转子/转速组合的 FACTOR 因子再乘以 100，即可得满量程的粘度范围。

转子 RV-3，2RPM 下，对应的 FACTOR 因子 = 500。

满量程粘度值 = $500 \times 100 = 50,000\text{cP}$

RVT 粘度计在当前情况下误差为 $\pm 500\text{cP}$ (50,000cP 的 1%)。

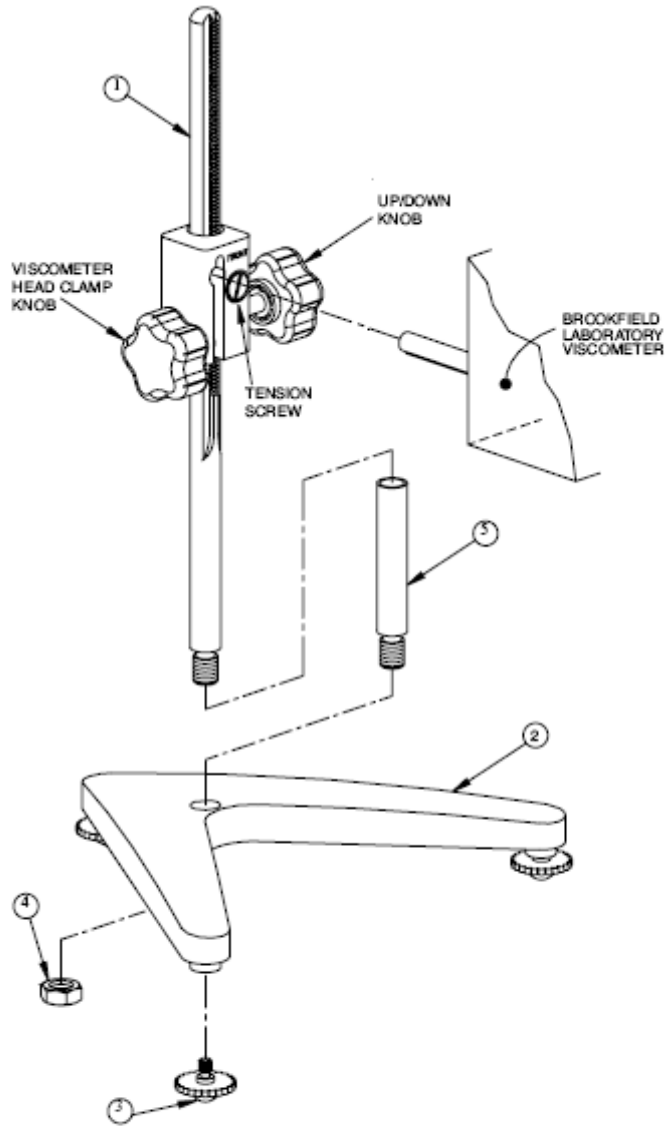
注意：所有计算因子表中的转子/转速因子即为该转子/转速组合满量程的 1%。

2) 标准液粘度的标称值为 12,257cP，所以其误差为 12,257 的 $\pm 1\%$ 或 $\pm 122.57\text{cP}$ 。

3) 总共的允许误差为 $(122.57+500) \text{ cP} = \pm 622.57 \text{ cP}$

4) 因此当读数在 11,634.4cP 和 12,879.6cP 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，请联系 Brookfield 博勒飞公司或代理商。

附录 D — A 型实验室用粘度计安装支架



ITEM	PART #	DESCRIPTION	QTY.
1	VS-CRA-14A	UPRIGHT ROD AND CLAMP ASSEMBLY	1
2	VS-1	BASE	1
3	VS-3	LEVELING SCREW	3
4	VS-21	JAM NUT	1
5	BLM-4E	ROD EXTENSION - 4" LONG *	OPTIONAL
6	VSXA-17A	CLAMP ASSEMBLY FOR EXPLOSION PROOF	OPTIONAL

*for use with Thermosel and Water Baths

图 D-1

拆箱检查

仔细检查所有收到的部件没有隐蔽性的损坏。

1 个 底座 base	3 个 水平螺钉 leveling screws
1 个 安装夹 clamp assembly	1 个 带固定螺母的垂直杆 upright rod

将三个水平螺钉从底座卸下，除去包装材料，从垂直杆上取下固定螺母和垫圈。

组装（参见图 D1）

将水平螺钉拧上底座，将垂直杆的底部插入底座上的孔内，在底座的下面将固定螺母旋入垂直杆，将垂直杆的齿条面向前面（向着底部的“V”端），旋紧固定螺母。

粘度计装配

安装夹具组件，应该使带有‘front’字样的那面朝向操作者，这将保证夹具组件的槽口可以与粘度计手柄上的突出部分相吻合。将粘度计机头后的安装杆插入夹具组件的槽口，调节仪器水平直到水泡位于中间目标位置，旋紧夹具螺钮（顺时针方向）。

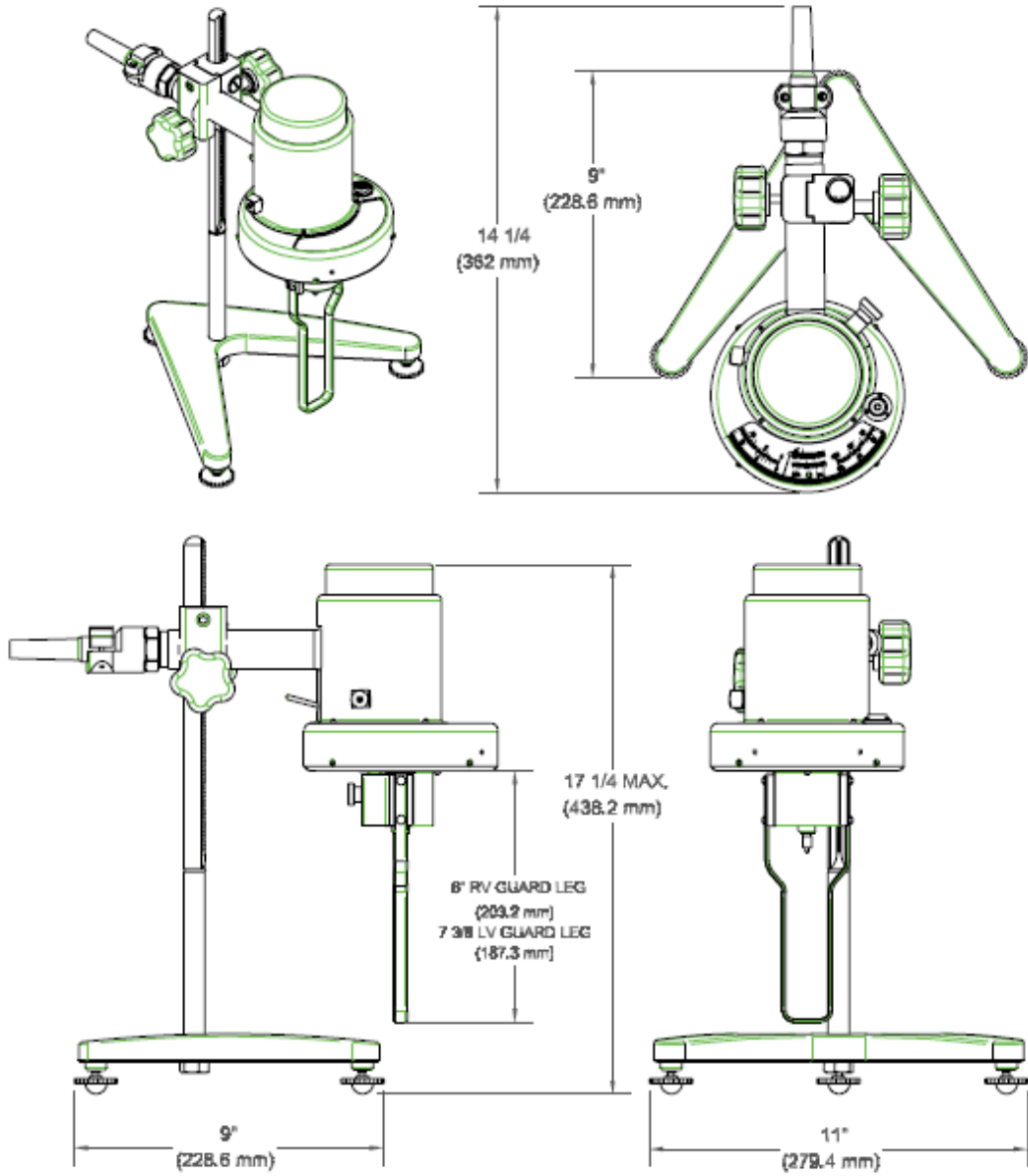
注意：在夹具组件前部有一个小的夹具调节螺栓（图 D1），应该使它松紧合适，这样使粘度计可方便调节高度并足够稳固。

将粘度计置于相对于底座的中间位置，旋紧固定螺母，参照粘度计水平气泡，调整水平螺钉直到仪器水平。

操作

旋转夹具齿轮螺钮可以升高或降低粘度计机头。如果粘度计机头的上下移动不平顺的话，可以调整螺钮的松紧程度。

**ANALOG X-PROOF VISCOMETER
WITH MODEL A-E LAB STAND OVERALL DIMENSIONS**



附录 E — Brookfield 粘度计护腿

护腿最初设计的目的是为了保护在使用过程中的转子。护腿的第一次应用是用在 Brookfield 粘度计包括手持式粘度计测量 55 加仑鼓形圆桶中的液体粘度，显然在那种条件下对转子的潜在损坏会很严重。最早的结构还包括有一个衬套以保护不受来自外侧的冲击。早期 RV 护腿是安装在表盘外壳上，而 LV 护腿是用一个旋钮锁死装置安装在枢轴罩杯上的。

现在的护腿是类似字母 U 形的金属环，在顶端有托架可以连接在 Brookfield 粘度计/流变仪的枢轴罩杯上，护腿随所有的 LV 和 RV 型系列仪器配置，但 HA 或 HB 系列仪器不配置，它的形状设计和配套使用的转子相对应，RV 型的护腿宽于 LV 型，因为 RV #1 (选购) 转子直径更大，这两种护腿是不能互换使用的。

Brookfield 粘度计/流变仪的校验需要使用 600ml 浅型烧杯，LV 和 RV 型仪器的校验需要加装护腿，烧杯壁 (对 HA/HB 仪器) 或者护腿 (对 LV/RV 仪器) 称为测量的“外边界”，LV、RV、HA/HB 转子的转子因子是随上述外边界条件而变化的，转子因子是用于将仪器的扭矩 (表示为表盘读数或 % 扭矩值) 转换成厘泊。在理论上，如果测量是在不同的边界条件下进行，例如没有护腿或不在 600ml 烧杯中进行，在因子表上转子因子通常不能准确计算绝对粘度，改变外边界条件不会改变流体的粘度，但会改变仪器扭矩换算成粘度值 (cP)。不改变转子因子去适应边界条件，从仪器扭矩到粘度的计算将是不正确的。

事实上，在使用 LV 或 RV 转子中的 1# 和 2# 转子时，护腿的影响是最大的。其它的 LV (#3 & #4) 或 RV (#3 - #7) 转子在 600ml 烧杯中，用或不用护腿都可以获得正确的结果。HA 和 HB 系列粘度计/流变仪不提供护腿，这是为了在测量高粘度样品时减少可能产生的问题。HA/HB 的 #3 到 #7 转子和 RV 转子是相同的，HA/HB #1 和 #2 转子和对应编号的 RV 转子尺寸略有不同，尺寸的不同允许 RV 和 HA/HB 的 #1 和 #2 转子因子即使在边界条件不同的情况下，也可使仪器扭矩按相同的比例变化。

推荐的测量程序是使用 600ml 浅型烧杯和护腿，但这样的使用方法对有些客户可能会有困难，因为护腿需要更多的清洗。在有些应用中，需要将 500ml 样品装入 600ml 烧杯并浸没转子是不可能，因为样品量不够多。在实践中，可以使用小一些的容器并卸下护腿，Brookfield 粘度计/流变仪在任何确定的测量条件下，都可以给出准确和重复的扭矩读数。然而，只有因子在规定条件下使用时，扭矩转换成粘度才是正确的，Brookfield 已经在“More Solutions to Sticky Problems” Section 3.4.10 中对重新校验的方法做了概述。对很多的粘度计用户来说，需要注意的是，真实的粘度值不一定比可以天天重复得到的测量值更重要。在不改变测量环境的情况下，可以获得重复的测量值。但是，必须需要知道的是，这种情况下，当边界不符合 Brookfield 确定的条件下使用 Brookfield 因子，扭矩读数不能转化成正确的厘泊值。

护腿是 Brookfield LV 和 RV 型粘度计/流变仪校验时的一部分，我们的客户应该知道它们的存在，它的目的和效果可能会体现在数据上。有了这些知识，粘度计使用者可以改动 Brookfield 推荐的操作方法，自己设定测量方法以适应自身的需求。

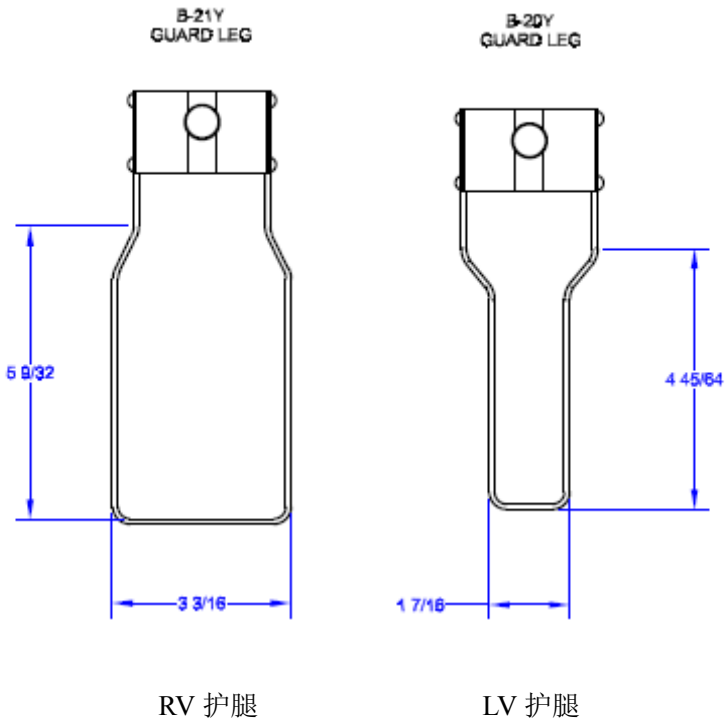


图 E1

附录 F — 故障诊断和疑难解答

以下列举了一些您在使用表盘式粘度计时可能会常见的问题。在您联系 Brookfield 前，请参阅。

转子不转

- 确认粘度计已接上电源。
- 检查粘度计的额定电压，电压必须匹配。
- 确认电源开关已打开在 ON 位置。
- 确认速度旋钮已恰当和牢固地设置在需要的速度上。

转子旋转是否摇晃或外观弯曲

- 确认转子已牢固地旋紧在粘度计连接头上。
- 检查所有转子的笔直性；如果有弯曲就必须更换。
- 检查粘度计连接头和转子连接头处的螺纹部位有无沾污：使用 3/56 左手螺丝模对转子连接头螺纹口进行清洁。
- 检查螺纹磨损，如果螺纹磨损，仪器需要维修（见附录 G）。
- 检查旋转时转子是否偏心或摇晃，允许的偏差是：测量转子在空气中旋转的转子底部，每个方向 1/32 英寸（总计 1/16 英寸）。
- 检查粘度计连接头是否弯曲；如果弯曲了，仪器需要维修。

当您的粘度计持续遭遇到问题，请遵循疑难解答章节去做，以便确定可能存在的问题。

执行摆动检查

- 卸除转子，并开启马达。
- 轻轻提高粘度计。
- 转动连接头，直至表盘上的红色指针到达 15~20。
- 轻轻松开连接头。
- 观察指针自由摆动，并归零。

如果指针卡住和/或者不能归零，则粘度计需要维修。参阅附录G，以便安排如何退回您的粘度计。

读数不准确

- 确认转子、转速和机型的选择是否正确。
- 确认测量参数：温度、容器、体积、方法。可参考：
 - 表盘式粘度计操作指引手册；Section II.4 — 测量注意事项
 - 表盘式粘度计操作指引手册；附录 A — 粘度测量范围
 - 表盘式粘度计操作指引手册；附录 B — 粘度测量中的变量
- 执行校验检查，按附录 C 操作说明。
 - 确认偏差的计算是否正确
 - 确认校验检查步骤是否正确执行

如果发现仪器超出允许误差范围，可能需要维修。请与 Brookfield 博勒飞公司或代理商联系，详见附录 G。

附录 G — 保修和售后服务

Brookfield 表盘式粘度计在购机后两年内材料和人工实行质量保证。所有粘度计均被使用溯源于美国国家标准和技术研究所(NIST)标准的基准标准液严格鉴定。粘度计必须返回 Brookfield 公司或购买的代理商处以获得免费的保修服务，但相关运费则由购买者承担。粘度计必须和原配转子一起装在包装箱内，见下：

- 卸下并收回所有转子（妥善包装以便运输）。
- 清洁仪器，除去剩余测试材料。
- 将所有测试样品的物质安全数据表（MSDS 表）和仪器装在一起。
- 装上运输保护帽，以保护转轴。
- 将仪器置入原来的包装皮箱内，原包装箱可用就可立即运回 Brookfield 博勒飞公司或代理商，若原包装箱不能使用，就用足够的材料包裹或填充，不要使用泡沫或碎纸。
- 除非垂直杆、夹具或底座有问题，否则不需要发回实验室支架。如果支架有问题，从底座取下垂直杆，单独包裹避免相互碰到仪器，不要把实验室支架放入粘度计包装皮箱内。
- 填写 Viscometer Information Sheet（包括购买收货的信息），尽可能提供详细信息以便帮助快速服务，如果您没有此表，请附上您所遇问题和您所需要服务的备忘录，同时请附上购买时开具的销售发票复印件。
- 在运输箱外标注搬运标志，例：小心搬运、易碎品、精密仪器。

制造商： Brookfield Engineering Laboratories, Inc.

11 Commerce Boulevard, Middleboro, MA 02346-1031 USA

Tel: 800.628.8139 or 508.946.6262

Website: www.brookfieldengineering.com

Brookfield 公司也提供对仪器设备的现场维修服务，详情请致电我们当地的服务部门。

VISCOSITY TEST REPORT

DATE:

FOR:

BY:

TEST INFORMATION:

SAMPLE	MODEL	SPINDLE	RPM	DIAL READING % TORQUE	FACTOR	VISCOSITY cP	SHEAR RATE	TEMP °C	TIME	NOTES

CONCLUSIONS:

This tear-off sheet is a typical example of recorded test data. Please photocopy and retain this template so that additional copies may be made as needed.