

# 润湿角测量仪的研制

杜 垣 贾林贤

## 一、前 言

润湿角测量仪是一种测量液体对固体表面粘附润湿程度的仪器，在科研生产以及教学等部门都有广泛的应用。

例如在轴承工业中要测量轴承表面的润湿性；在金属表面处理过程中，要检测金属表面脱脂清洁情况；在造纸印刷工业中，要检测油墨与铅字和纸型之间的润湿情况；在焊接，玻璃熔炼工业中，都需要测定表面的粘附润湿情况。此外，在地质、选矿和冶金工业中也都有广泛的应用，在此不便一一列举实例。液体和固体表面的粘附润湿程度是标志表面工作情况的一个重要指标，而润湿角的大小直接反映了粘附润湿性。实质上反映了固体或液体的表面能的大小程度。本仪器对润湿角的大小可以直接读出。从而有效地满足了上述要求。

什么是润湿角？液滴与固体表面接触点的液面切线与固体表面的水平线之间的夹角我们称为润湿角，有人称为接触角。但我们考虑到滚珠轴承本身也有个“接触角”，为了避免混淆，并且考虑到它是标志润湿程度的角度，因此，我们特称为润湿角。如图 1 所示的  $\theta$  角。

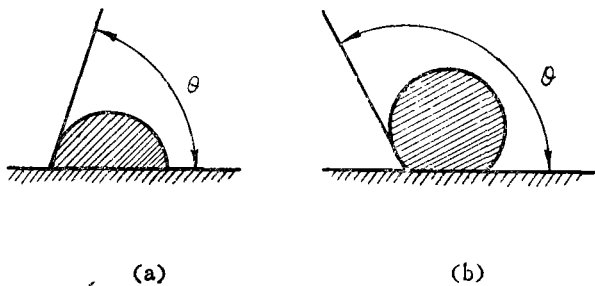


图 1 a 锐角时的润湿角

图 1 b 钝角时的润湿角

由于不同液体和固体表面性质的差别呈现的润湿角各异，如图 1 所示，有锐角的情况，也有钝角的情况。

我们在做轴承和润滑的研究工作中，要求本仪器解决两个问题：一是通过油对金属样品润湿角的测定来选择轴承润滑油。二是把轴承表面处理前后的润湿角测量结果作为检验表面质量的依据，以便确定长寿命轴承表面处理的工艺。

以前我们测量轴承表面的润湿性采用读数显微镜俯视图观测油滴边缘，然后通过计算得到。但是，我们在测量中发现油边缘有时不是光滑的圆形，不同方位测出的油滴直径时有差异，得到的数据不够精确。因此研制本仪器以便改善润滑。

## 二、仪器的光学系统

### 1. 关于总放大率的确定

根据我们的实验，被测液体的直径以1~2毫米为最好。为了使被测液滴在视场中占有恰当比例和位置，我们做了几组物、目镜匹配实验，加以比较，最后选用物镜为 $2\times$ ，目镜为 $12.5\times$ ，视场 $\phi 10$ 毫米象质最佳。

2. 为了使图象清晰，测量准确可靠，在光学设计中严格控制畸变、球差、色差，在装配工艺中，对保证透镜的同心度，间隔距离都做了必要的考虑。

3. 分划板的刻线粗细，刻线的质量要求，都为满足清晰准确得到测量结果而提出的。  
(见图2)

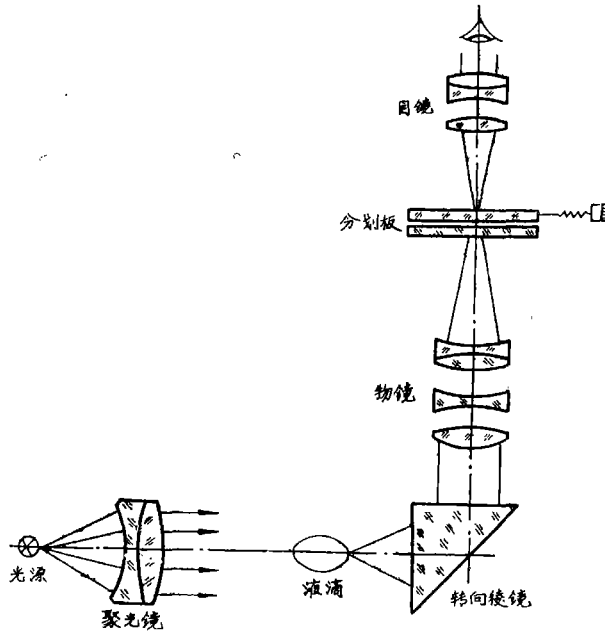


图2 润湿角测量仪的光路图

## 三、仪器结构及作用(见图3)

### 1. 光源

用6伏，5瓦普通照明灯泡作为光源，经组合透镜发出平行光。为适应不同照明强度的要求，有光栏系统加以控制，还可根据观测者的需要，变换不同颜色的滤光片。

### 2. 样品盒

做到密封，以求尽量减少液滴挥发和防止灰尘进入。为了方便快速测量，样品盒及其附属机构可使样品实现空间三方向的运动。样品盒的窗玻璃采用隔热玻璃，保持盒内温度稳定。

3. 棱镜座要恰当安置直角棱镜，使从被测液滴过来的光线转向 $90^\circ$ ，调整可环节，

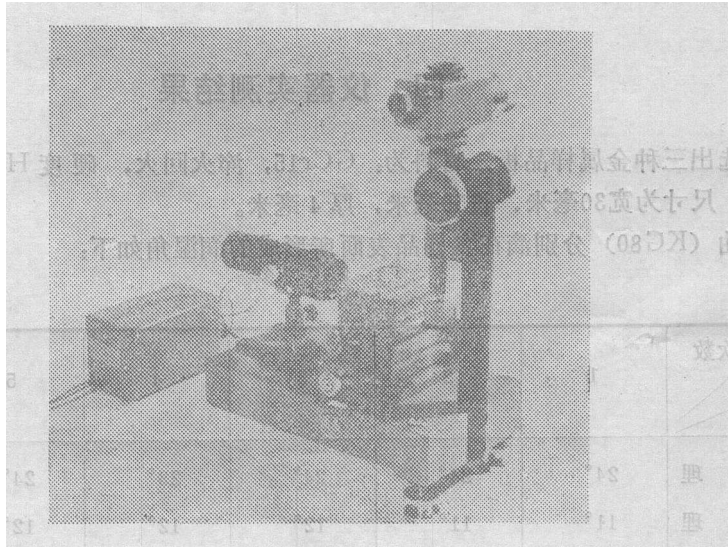


图3 仪器实物照片结构图

1. 读数目镜, 2. 显微物镜, 3. 转向棱镜, 4. 圆形水准器, 5. 样品盒, 6. 光源,
7. 光源变压器

使转向后的光轴与显微系统几何光轴重合。

#### 4. 显微系统调整机构

该机构可调范围50毫米, 可满足样品盒的任何位置调焦的需要。本身有安全限位装置, 不使碰撞和滑落。其运动副平稳舒适, 本身有自锁性, 可停在所要求的任意位置。

#### 5. 分划板运动机构

通过两个微调手扭, 可使分划板分别做平移和旋转两个运动而互不干扰。采用的是特制橡皮轮, 结构紧凑可靠。

6. 本仪器注意到尽量采用尺寸稳定性较好的铁、铜合金。各运动环节做了细致仔细研合, 务使运动平稳舒适。

7. 仪器安有水准器, 仪器使用时, 先调整三个调平螺母, 使水准器处于水平位置。

8. 测量出液滴润湿圆周的直径为 $2r$ 和高度为 $h$

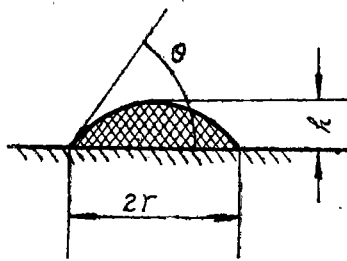


图4

润湿角 $\theta$ 是锐角, 应按下面公式计算(见图4):

$$\tan \theta / 2 = h/r$$

润湿角 $\theta$ 是钝角, 应按下面公式计算(见图5)。

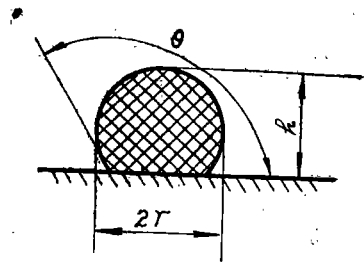


图5

$$\theta = 90^\circ + \sin^{-1} (h/r - 1)$$

#### 四、仪器实测结果

1. 选出三种金属样品板，材料为：GCr15，淬火回火，硬度  $H_{RC} = 61^\circ$ ，表面光洁度为  $\nabla_{1.8}$ ，尺寸为宽30毫米，长50毫米，厚4毫米。

润滑油（KG80）分别滴在各样品表面所形成的润湿角如下：

表1

处理方法	次数					平均
	1	2	3	4	5	
未处理	24°	24°	24°	23°	24°	24°
磷化处理	11°	11°	12°	12°	12°	12°
磷酸三钾酚酯处理	9°	9°	9°	9°	9°	9°

70号导轨油分别滴在各样品表面形成的润湿角如下：

表2

处理方法	次数					平均
	1	2	3	4	5	
未处理	20°	20°	20°	20°	20.5°	20°
磷化处理	13°	13°	13°	12°	12°	12°
磷酸三钾酚酯处理	9°	9°	9°	9°	9°	9°

上面两种不同的油，滴在磷化和磷酸三钾酚酯处理的样品所形成的润湿角是相同的。在常温条件下，可以互换使用。这就给我们提供了用价格便宜的70号导轨油代替昂贵的KG80油的依据。

2. 两种玻璃板样品。一种未处理，另一种经硅油处理。

水滴在两种玻璃表面所形成的润湿角如下：

表3

处理方法	次数					平均
	1	2	3	4	5	
未处理	12°	13°	14°	13°	14°	13°
硅油处理	86°	86°	86°	86°	86°	86°

酒精滴在两种玻璃表面所形成的润湿角如下：

表 4

次数 $\theta$	1	2	3	4	5	平均
硅油处理						
未处理	0°	0°	0°	0°	0°	0°
硅油处理	5°	4°	4°	5°	5°	5°

因酒精滴在玻璃表面扩散太快，观测不到角度，即使是滴在硅油处理的玻璃样品表面上，所形成的润湿角也相当小。

实测得出：经硅油处理的玻璃板，可以做露天用的操作室的窗玻璃，在雨天，不装刮水板，对外面的视线仍然很清楚，操作者能正常工作。

## 五、结 束 语

本仪器概括有如下特点：

1. 使用方法容易掌握，维护简单，占地少，对使用环境要求不高。
2. 直接读出润湿角  $\theta$ 。
3. 可以测定液滴的高度  $h$  和直径  $2r$  等参数，并能直接读出。
4. 对一些样品进行测量结果表明：物像清晰，数据可靠。

本仪器的研制是由我室主任刘承烈同志提出，并自始至终做了指导。光学设计由四室魏卫、丁甲民二同志完成。光学实验和检测得到光学检验组李剑白同志的大力支持。四室向才新同志为本仪器的研制多次提供帮助。我室叶慧珠和段淑贤同志在完成图纸方面给予许多帮助。本仪器的光学和机械零件加工，装调和检测得到工厂同志的大力帮助，在此一并表示感谢。

〔附〕从本仪器目镜拍摄的液滴图像：

- ① 水滴在钢板表面所形成的润湿角为锐角时的照片（见图 6）
- ② 水滴在经硅油处理的平板玻璃表面所形成的润湿角，近似于直角的照片（见图 7）

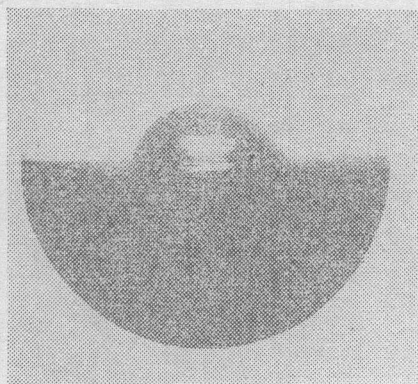


图 6

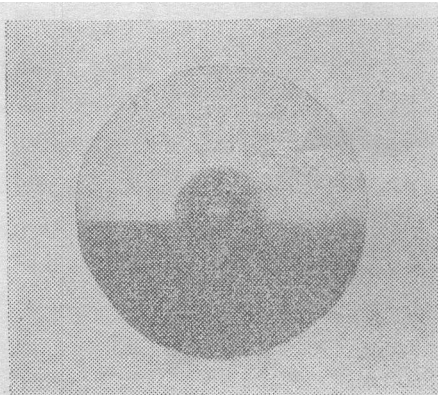


图 7

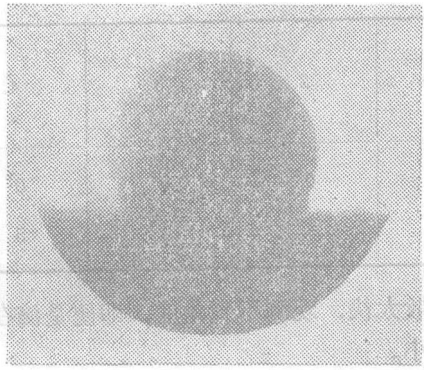


图 8

③ 水银滴在钢板表面，所形成的润湿角为钝角的照片（见图 8）