

内 容 提 要

本书深入浅出地介绍了粘度的基本知识,各种流体的流动特性,以及毛细管法、落球法、旋转法、平板法、振动与超声法测量流体粘度(牛顿及非牛顿粘度)的理论基础、测量原理、测量方法及粘度计量管理上的注意事项。

本书可供石油、化工、纺织、轻工、国防、交通、机械、电力、食品、医学等部门和工矿企业、科研单位有关人员以及有关高等院校师生参考。

〔日〕 川田 裕郎 著

粘 度

(改 订)

コロナ社, 1978

粘 度

(修订本)

〔日〕 川田 裕郎 著

陈惠钊 译 杨大海 校

计量出版社出版

(北京和平里11区7号)

北京计量印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

开本 787×1092 1/32 印张 5 7/8

字数 130 千字 印数 1—9,000

1981年3月第一版 1981年3月第一次印刷

统一书号 15210·40

定价 0.90 元

科技新书目: 179—107

目 录

1. 粘度测定的基础

1.1 粘度	(1)
1.2 运动粘度	(5)
1.3 牛顿流体和非牛顿流体	(7)
1.4 非牛顿流体的粘度	(9)
1.5 触变性流体	(11)
1.6 粘弹性体	(13)
1.7 流体的粘度和温度、压力的关系	(16)

2. 细管法的粘度测定

2.1 细管中的粘性流动和测定原理	(18)
2.1.1 哈根-泊肃叶定律	(18)
2.1.2 在细管中的流动和雷诺数	(20)
2.1.3 细管的直线性和内径的一致性	(22)
2.1.4 压缩性流体在细管中流动的情况	(25)
2.1.5 在细管内壁的滑动	(26)
2.1.6 细管入口处的流动和动能修正	(29)
2.1.7 绝对测定和相对测定	(32)
2.2 毛细管粘度计的粘度测定	(33)
2.2.1 毛细管粘度计的构造和使用方法	(33)
2.2.2 毛细管粘度计的设计	(39)
2.2.3 测定方法	(42)
2.2.4 误差和修正	(45)
2.3 短管粘度计的粘度测定	(51)
2.4 细管式连续粘度计的粘度测定	(60)
2.5 细管法的非牛顿粘度测定	(63)
2.5.1 非牛顿流体在细管中的流动	(64)

2.5.2 非牛頓粘度的測定原理	(69)
2.5.3 用于非牛頓流體的細管粘度計	(71)
3. 落體法的粘度測定	
3.1 落球粘度計的粘度測定	(78)
3.1.1 測定原理	(78)
3.1.2 球的直徑和粘度的測定範圍	(81)
3.1.3 末端速度	(82)
3.1.4 管壁的影響	(85)
3.1.5 落球粘度計的構造	(88)
3.1.6 測定方法	(91)
3.1.7 球在非牛頓流體中落下的情況	(93)
3.2 滾動落球粘度計的粘度測定	(94)
3.2.1 測定原理	(94)
3.2.2 構造和測定方法	(98)
3.3 其他落體粘度計的粘度測定	(101)
3.3.1 氣泡粘度計的粘度測定	(101)
3.3.2 圓柱落下粘度計的粘度測定	(103)
3.3.3 落體式連續粘度計的粘度測定	(106)
4. 旋轉法的粘度測定	
4.1 旋轉圓筒粘度計的粘度測定原理	(110)
4.1.1 測定原理	(110)
4.1.2 層流和雷諾數的關係	(112)
4.1.3 底面的影響	(114)
4.2 同軸雙重圓筒旋轉粘度計的粘度測定	(118)
4.2.1 同軸雙重圓筒旋轉粘度計的構造	(118)
4.2.2 測定方法	(121)
4.2.3 誤差的原因	(122)
4.3 單一圓筒旋轉粘度計的粘度測定	(123)
4.3.1 測定原理	(123)
4.3.2 測定方法	(127)
4.4 用旋轉圓筒粘度計作非牛頓粘度測定	(128)

4.5 旋转圆板粘度计的粘度测定	(133)
4.6 锥-板粘度计的粘度测定	(136)
5. 平板法的粘度测定	
5.1 带形粘度计	(139)
5.2 平行板粘度计	(140)
5.3 倾斜板粘度计	(145)
6. 振动法的粘度测定	
6.1 旋转振动粘度计的粘度测定	(147)
6.2 振动片粘度计的粘度测定	(152)
6.2.1 测定原理	(152)
6.2.2 振动片粘度计的构造和测定方法	(155)
7. 粘度管理上的注意事项	
7.1 粘度计的选择	(160)
7.1.1 细管法	(161)
7.1.2 落体法	(163)
7.1.3 旋转法	(165)
7.1.4 平板法	(167)
7.1.5 振动法	(168)
7.2 粘度标准和粘度标准液	(169)

参 考 文 献

1. 粘度测定的基础

最近在各种工业部门中，从工程的管理上及其他方面的需要，都感到粘度测定的必要性，因而开始进行各种流体的粘度测定，但对它的利用仅仅是迈出了第一步，我们认为随着今后工业的发展，粘度测定的利用范围将会逐步扩大。

在石油油脂工业、涂料与墨水工业、合成树脂与合成纤维等合成化学工业、食品工业和制药工业等部门都需要粘度测定，这是不言而喻的，在其他工业部门中也同样，只要涉及流体的处理，即或其必要性有程度的差别，但在许多场合下也都感到需要知道流体的粘度。

测定粘度时，需要知道有关流体流动的种种性质。调查一下各种流体的流动形式，可知有显示牛顿性、非牛顿性、触变性、粘弹性等等不同的流动性质。对具有复杂流动性的流体来说，由于使用的粘度计不同所测得的粘度值不同，这种场合所测定的结果是无用的。因此，在测定粘度时，首先需要考虑流体的流动性。

下面就粘度和运动粘度的单位，以及测定粘度时的基本事项加以说明，同时简单叙述有关流体流动的种种性质。

1.1 粘 度

将水放在圆筒形容器中使之旋转运动，然后放置不动，过一会儿便变为静止状态。处于运动状态的液体随着时间的经过而变成静止状态，这说明流体具有所谓粘性的性质。即，在流体的内部相互接触的部分，在其切线方向的速度有差别时，会产生减小其速度差的作用，这是因为流速快的部分要加速与其相接触的流速慢的部分，而流速慢的部分要减慢与

其相接触的流速快的部份，流体的这种性质称做粘性。

我们再看看容器中的水在旋转运动之时，以及容器中的重油在旋转运动时的情况，便可看到重油达到静止状态要比水快得多。这是由于重油的粘性程度（粘度）与水的粘性程度（粘度）不同之故。我们认为，这种场合是因为重油比水粘（或者叫做粘度高，或粘度大）。

那么，让我们来考虑一下，如何用数量来定量地表示粘性的程度呢？现在，如图 1.1 所示，在两平行平面间充满了流体。假设，下平面以速度 v_1 、上平面以速度 v_2 向同一个方向移动，上下两平面间的距离 Δy 始终保持一定。在这里假定与上下平面相接触的流体分别粘着在平面上没有滑动、与平面的速度相同并向同一个方向移动，则两平面间流体的流速为：接近下平面的流速为 v_1 ，愈靠近上面的流体愈逐次增加速度，在接触上平面的流体流速达 v_2 ，则产生如图 1.1 所示的速度差。如果流动速度不太大的话，则形成流线与两个平面平行的层状流动（这样的流动叫做层流，与此相对的混乱的流动称为紊流），这时两平面间流体速度的变化量与 y 轴方向的距离成正比（这种流动称为粘性流动）。

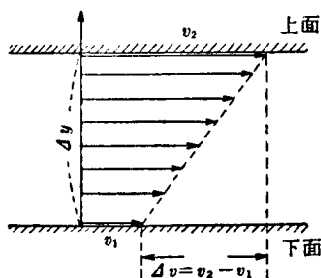


图 1.1 两平面间的粘性流动

这时，在距离为 Δy 的两平面间，由于流速从 v_1 变到 v_2 ，假定单位距离的流速变化量为 D_s ，则

$$D_s = \frac{v_2 - v_1}{\Delta y} = \frac{\Delta v}{\Delta y} \rightarrow \frac{dv}{dy} \quad (1.1)$$

这里 $\Delta v = v_2 - v_1$ 。

D_s 值越大，流速的变化率越大，一般把 D_s 叫做速度梯度或切速率（或剪切速率）。

那么，如上所述，当在流体中具有这种速度梯度时，流速大的流体具有加速与之接近的流速慢的流体的力（或流速小的流体具有减速与之接近的流速快的流体的力），即产生了粘性力，这一力以速度梯度加大而增大，而且流速不同的两流层接触面积越大这个力越大。

在普通状态下，水等物质的粘性力 F 与速度梯度 D_s 成正比，并与流速不同的两流层接触面积 A 成正比。所以对这种流体，它们之间的关系可用下面的 (1.2) 式表示。

$$F = \eta A D_s \quad (1.2)$$

这个比例常数 η 称为粘度或粘性系数，(1.2) 式的关系称为牛顿粘性定律。

这个关系式成立的流体，当流速不同的两个流层接触面积 A 和速度梯度 D_s 恒定时，粘度 η 越大的流体，作用于接触面上的粘性力越大，总之 η 越大的流体越粘。即，可以用 η 的值在数量上表示流体的粘性程度。

当距离 1 厘米的流速变化量为 1 厘米·秒⁻¹ 时，即 $D_s = 1 \text{ 秒}^{-1}$ 的速度梯度时，作用在 1 平方厘米面积上的力为 1 达因的流体具有 1 泊 (Poise, 略号为 P) 的粘度。换言之，这样的流体的粘度 η 为 1 泊。如果有粘度为 2 泊的流体，在同一状态下的作用力当然是前者的两倍。

从 (1.2) 式得

$$\eta = F / A D_s \quad (1.3)$$

因此，

$$\text{泊} = \frac{\text{达因}}{(\text{厘米}^2)(\text{秒}^{-1})} = \frac{\text{克}}{\text{秒} \cdot \text{厘米}}$$

泊的 $1/100$ 称为厘泊（略号为 cP）， $1/1000$ 称为毫泊（略号为 mP）。

泊的语源是由最早采用毛细管方法系统地研究粘性阻力的法国著名科学家泊肃叶 [Poiseuille (1797~1869)] 的名字而来的^{1)*}。

日本计量法所规定的单位制是以国际单位制为根据的，因此粘度的单位也用 MKS 制规定，即采用“牛顿·秒每平方米 ($N \cdot s/m^2$)”。然而，现在仍然广泛采用“泊”，所以可把它作为辅助单位按历来的习惯继续使用。

按计量法对粘度的单位定义为：“所谓牛顿·秒/米²是指在流体内每 1 米距离有 1 米/秒速度差的速度梯度时，在垂直于该速度梯度方向的面上，沿速度方向每 1 平方米面积产生 1 牛顿（1 牛顿为 100000 达因）力的应力时的粘度”，1 牛顿·秒/米²的粘度相同于 10 泊的粘度。

在工业上也有用“千克重·秒每平方米 ($kgw \cdot s/m^2$)”作为粘度单位的，这个单位和泊的关系是：

$$1 \text{ 千克重} \cdot \text{秒}/\text{米}^2 = 98.0665 \text{ 泊} \approx 98.1 \text{ 泊}$$

有时也用粘度的倒数来表示粘性的程度（不如说是流动的容易程度），称它为流动度，其单位用 rhe 表示。

$$1 \text{ rhe} = 1/\text{泊}$$

各种流体都显示上述的粘性，那么为什么会有这种性质呢？我们在这里稍加说明以下两点原因：

(i) 流动快的部分（或慢的部分）的分子跑进与其接触的流动慢的部分（或快的部分）中去，力图使全体的流速变成一样而产生的阻力。

(ii) 由于具有不同流速的互相接触的流层的分子间引力所产生的阻力。

* 右上角的数字表示书末参考文献的编号。

如表 1.1 中所示, 空气粘度随温度的升高而增大, 对于气体来说, 它的粘性主要是由分子的交换引起的, 即随着温度的上升, 分子的热运动激烈, 流层间的分子交换增多, 粘度就变大。水等液体则相反, 温度升高, 粘度下降。其原因可以认为是液体的粘度主要是基于分子间的引力所致, 随温度上升其引力减弱。

表 1.1 空气和水在各温度下的粘度

温 度 [°C]	空气的粘度 [泊]	水的粘度 [泊]
0	0.00017	0.018
20	0.00018	0.010
100	0.00023	0.0028

1.2 运动粘度

在研究物体在流体中的运动状态或物体所受到的阻力时, 以及研究流动流体的流动形式等场合, 一般不能忽视流体粘度的影响, 而对于这样的流体力学问题, 一般都受运动粘度这个量支配, 它是由粘度 η 被具有这个粘度状态下的流体密度 ρ 除得的量, 一般用 ν 表示

$$\nu = \eta / \rho \quad (1.4)$$

例如, 如前所述, 流动的状态有层流和紊流, 而由实验得知, 当雷诺数 (详细参阅 2.1.2 项) 在某值以下为层流, 超过此值就会变为紊流, 因此求出雷诺数就可以判别流动呈什么状态。这时为了求雷诺数, 就必须知道流体的粘度 η 和密度 ρ , 而实际上是以 η/ρ 的形式表现的, 因此不必分别求出 η 和 ρ , 只要求 ν 即可。

其详细情况将在后面叙述, 在此若用自由流下式的毛细管粘度计 (参阅 2.2 节) 测定粘度时, 求得的是 η/ρ 的值,

为求粘度 η 必须另外测定流体的密度，有时用 ν 这个量较为方便。把这个 ν 叫做运动粘度，例如粘度 η 为 1 泊，在具有这个粘度的状态下流体的密度为 1 克/厘米³ 的流体运动粘度叫做 1 斯托克斯 (Stokes, 略号为 St)，一般简称为斯。由 (1.4) 式得

$$\text{斯} = \frac{\text{泊}}{\text{克/厘米}^3} = \frac{\text{厘米}^2}{\text{秒}}$$

斯的 1/100 称为厘斯 (略号为 cSt)。

在表 2 中示出各种温度下水的粘度、运动粘度和密度的值。

在国际单位制和计量法中，基于 MKS 制的运动粘度单位采用“平方米每秒[m²/s]”。由计量法规定“1 米²/秒是密度为 1 公斤/米³时，粘度为 1 牛顿·秒/米² 的流体的运动粘度”。斯作为运动粘度的辅助单位使用，1 平方米每秒等于 10000 斯。

表 1.2 蒸馏水在各种温度下的粘度、运动粘度和密度

温 度 (℃)	粘 度 (厘泊)	运动粘度 (厘斯)	密 度 (克/厘米 ³)	温 度 (℃)	粘 度 (厘泊)	运动粘度 (厘斯)	密 度 (克/厘米 ³)
0	1.792	1.792	0.99984	55	0.505	0.512	0.98570
5	1.520	1.520	0.99996	60	0.467	0.475	0.98321
10	1.307	1.307	0.99970	65	0.434	0.443	0.98057
15	1.138	1.139	0.99910	70	0.404	0.413	0.97778
20	1.002	1.0038	0.99820	75	0.378	0.388	0.97486
25	0.890	0.893	0.99705	80	0.355	0.365	0.97180
30	0.797	0.801	0.99565	85	0.334	0.345	0.96862
35	0.719	0.724	0.99403	90	0.315	0.326	0.96532
40	0.653	0.658	0.99221	95	0.298	0.310	0.96189
45	0.598	0.604	0.99022	100	0.282	0.295	0.95835
50	0.548	0.554	0.98805				

* 原文误印成厘米³——译者注

1.3 牛顿流体和非牛顿流体

如前所述,服从牛顿粘性定律的流体,可用(1.2)式表示其剪切速率和此时所产生的粘性力的关系,以其比例常数 η 值的大小来比较粘度的大小,这里把(1.2)式改写成如下的形式

$$\tau = \eta D_s \quad (1.5)$$

这里,

$$\tau = F/A$$

这个 τ 是作用在面积 A 上的力 F 被其面积 A 除得的值,即作用在单位面积上的力,称之为剪切应力。

若把剪切应力作为纵轴,将剪切速率作为横轴,图示(1.5)式的关系时,则如图1.2所示,为通过原点的直线,设此直线和横轴的夹角为 θ ,则

$$\tan \theta = \frac{\tau}{D_s} = \eta \quad (1.6)$$

因此,对于这种流体,测定其任意剪切速率和相对应的剪切应力,取其比而求得粘度,粘度越高的流体,直线与横轴之间的夹角越大。

如此,剪切速率和对应的剪切应力的关系为通过原点的直线关系的流体,即服从牛顿粘性定律的流体叫做牛顿流体。与此相反,剪切速率和对应的剪切应力的关系不成直线关系的流体,即不服从牛顿粘性定律的流体叫做非牛顿流体。

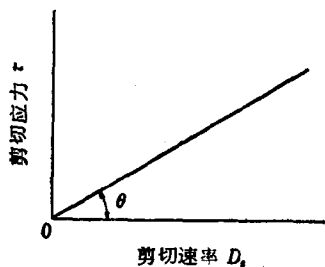
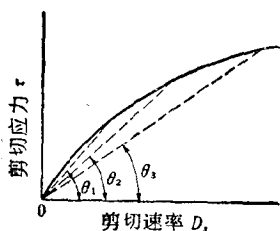


图1.2 牛顿流体的 D_s 和 τ 的关系

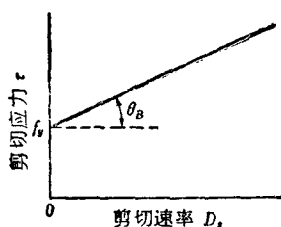
如塑料、油漆及其他粘度比较高的流体都属于非牛顿流体。

图1.3示出了各种非牛顿流体 D_s 和 τ 的关系。

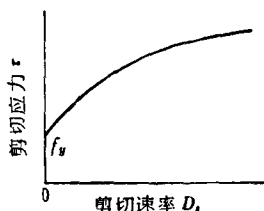
如图 1.3 (a) 所示, 曲线上的点与原点相 连结的直线与横轴的夹角 θ 随剪切速率 D_s 的增加而减小, 示于图 (b) 和 (c) 者, 是当剪切应力大于某值 f_y 时才开始流动的流体, 显示这种流动性的流体称为塑性流体, 开始流动时的应力值 f_y 称为屈服值。图 (b) 所示的是开始流动以后 D_s 和



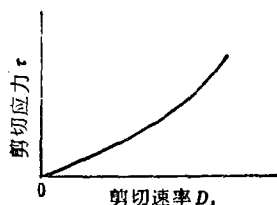
(a) 假塑性流体



(b) 塑性流体 (宾汉姆流体)



(c) 塑性流体 (非宾汉姆流体)



(d) 膨胀性流体

图 1.3 各种非牛顿流体的流动曲线

τ 为直线关系的塑性流体, 把这种流体特别叫做宾汉姆 (Bingham) 流体。图 (d) 所示者其 D_s 和 τ 的关系与假塑性流体相同, 可用通过原点的曲线关系来表示, 但曲线上的点与原点相连结的直线与横轴的夹角 θ 随 D_s 的增加而增大, 因此这种流体叫做膨胀性流体。

对以上种种流体求出 D_s 与 τ 的关系并作图就可了解流体的流动性, 这是了解流动性的非常有效的方法。这种

D_s 和 τ 的关系曲线称为流动曲线。最近制成了可以自动记录这种曲线的粘度计。这种粘度计称为流变计。而把测定塑性流体流动性的仪器叫做塑度计。求非牛顿流体的流动曲线的方法，将在以下各章中说明。

1.4 非牛顿流体的粘度

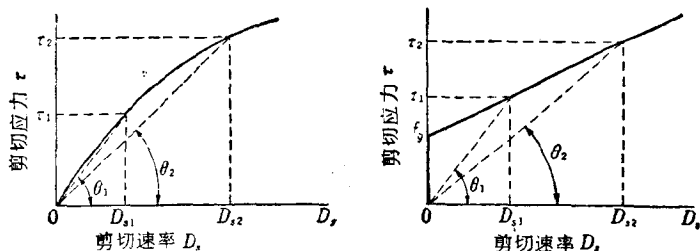
由于牛顿流体的流动曲线为通过原点的直线，因此，在任一剪切速率下求得的 τ/D_s 的值（即粘度 η ）均为恒定值，正如前面所述，可通过求任意剪切速率下的剪切应力而求粘度，反之，若知道 η 的值时，则由 (1.6) 式可知直线与横轴的夹角 θ ，从而求得直线状的流动曲线，因此该流体的流动性就充分得到说明。

与此相对应，在非牛顿流体的场合，剪切应力与剪切速率之比 τ/D_s 随剪切速率（或剪切应力）而变化，虽然可以通过测定对应于某一剪切速率下的剪切应力而求其比值，但此值与牛顿流体的粘度意义不同。如图 1.4 所示，测定对应于 D_{s1} , D_{s2} ... 这些剪切速率下的剪切应力，用与牛顿流体的场合相同的方法求粘度时，则得

$$\left. \begin{aligned} \frac{\tau_1}{D_{s1}} &= \tan \theta_1 = \eta_1 \\ \frac{\tau_2}{D_{s2}} &= \tan \theta_2 = \eta_2 \\ \dots\dots\dots \end{aligned} \right\} \quad (1.7)$$

但这些 η 值是不一致的，若改变剪切速率，则可得到无数的不同值。把这种在非牛顿流体场合下所得的 $\eta_1, \eta_2, \dots$ 叫做在剪切速率 $D_{s1}, D_{s2}, \dots$ （或剪切应力 $\tau_1, \tau_2, \dots$ ）下的表现粘度或非牛顿粘度。

这种事在测定粘度时必须特别加以注意。若试料为牛顿流体则没什么问题，但如为非牛顿流体，虽然可测定某剪切



(a) 假塑性流体的场合

(b) 塑性流体的场合

图 1.4 非牛顿流体的表观粘度

速率 D_s 下的剪切应力而求得 τ/D_s ($=\eta_a$)，但这只不过是求得某一剪切速率下的表观粘度而已，而且只用这个值是不能判断其他剪切速率下的流动性的。如图 1.5 所示，对于流动曲线不同的两种流体，如果在流动曲线上有交点的话，在这点的表观粘度值虽相同，但整个的流动特性却全然不同。

然而，由表观粘度也可以知道某种程度的流动性，因此求表观粘度的也不少。

下面略微叙述便可以较好地表示这些流动曲线的实验式²⁾。

对于假塑性流体用下面的 (1.8) 式或 (1.9) 式可较较好地表示通过实验求得的流动曲线。

$$\mu D_s = \tau^n \quad (1.8)$$

$$\text{或} \quad \mu D_s = \tau + c_r \tau^n \quad (1.9)$$

这里的 μ , n , c_r 为决定于流体的常数, $n > 1$ 。如用这个关系式求表观粘度 η_a 时, 就 (1.8) 式而言,

$$\eta_a = \tau/D_s = \mu \tau^{(1-n)} \quad (1.10)$$

(1-n) 为负值, 因此剪切应力 τ 越大, 表观粘度越小。但是, 当 $\tau=0$ 时, $\eta_a = \infty$, 所以不能表示当 $\tau=0$ 时还具有有限的表观粘度的假塑性流体的流动性。

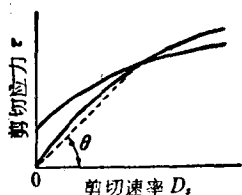


图 1.5 两种流体的表观粘度相同的场合

对于当 $\tau = 0$ 时还具有有限表观粘度的假塑性流体用 (1.9) 式较适合。用 (1.9) 式时其表观粘度为，

$$\eta_a = \mu / (1 + c_r \tau^{(n-1)}) \quad (1.11)$$

此式表示 τ 越大时 η_a 越小，而且在 $\tau = 0$ 时具有 $\eta_a = \mu$ 这一有限值。

对于塑性流体，在 $\tau > f_v$ (f_v 为屈服值) 的范围内，用下式表示流动曲线。

$$\mu D_s = (\tau - f_v)^n \quad (1.12)$$

宾汉姆流体的流动曲线，由 $n = 1$ 的式子，即 $\mu D_s = (\tau - f_v)$ 表示，这种场合的 μ 称为塑性粘度。设 η_B 为塑性粘度，若宾汉姆流体的流动曲线（实际是直线）与 D_s 轴的夹角为 θ_B [参阅图 1.3 (b)]，则

$$\eta_B = (\tau - f_v) / D_s = \tan \theta_B \quad (1.13)$$

表观粘度 η_a 为

$$\eta_a = \frac{\eta_B \tau}{\tau - f_v} = \frac{\eta_B}{1 - f_v / \tau} \quad (1.14)$$

表示膨胀性流体的流动曲线的关系式，可用 (1.8) 式，此时 n 的值为 $0 < n < 1$ 。

此外，还有许多表示非牛顿流体的流动曲线的公式报道，这里省略不叙。

1.5 触变性流体

有的流体在搅拌过程中其表观粘度逐渐变小。例如，给予某一定的剪切速率，测定对应于此剪切速率下的剪切应力而求粘度时，这种流体的剪切应力逐渐变小很难得到一定的值。把这种关系示于图 1.6 中，纵轴为剪切应力，横轴为给定某一定剪切速率下的时间。在时间为零时剪切应力 τ 最

大，随着时间的延长而逐渐减小，并稳定在某一定值。剪切速率越大（即搅拌得越剧烈） τ 的变化越大。一旦在某一时间停止搅拌就又回到原来的值。

若求这种流体的流动曲线³⁾则得到图 1.7 所示的曲线。此图表示了剪切速率 D 从 0 逐渐增大的上升流动曲线，和与此相反的剪切速率逐渐减小时的下降流动曲线，可见，剪切速率增加的场合和减小的场合所得到的曲线是不同的。这是因为当剪切速率增加时，随着剪切速率的增加而产生剪切应力的下降，因此，表观粘度随剪切速率的增加而变小，当剪切速率减小时，下降的剪切应力不能很快地回复，从而形成如图 1.7 所示的滞后环。

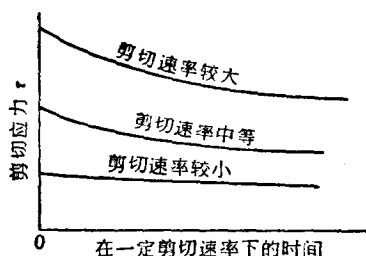


图 1.6 在一定剪切速率下，时间和应力的关系

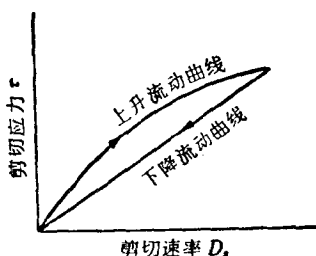


图 1.7 触变性流体的流动曲线

流体的这种性质叫做触变性，显示这种性质的流体叫做触变性流体。

显示触变性的原因，可以认为是由于给予流体一定的剪切速率时，流体的内部结构发生了变化，当它静置之后又回复到原来的结构之故，但还没有得到明确的答案。

还有，经详细调查后得知，在搅拌后使它静置，有的回复到原来状态，有的回复不到，而是变成比原来的粘度小，也有的变成比原来的大。

也有的流体当搅拌时与触变性流体一样表观粘度逐渐变小，但静置之后则显示出不能完全回复原状的性质，也有因搅拌表观粘度增大，当放置之后又回复到原来数值的，也有搅拌时表观粘度增大，而放置之后不能回复到原来数值等等。考虑主要原因是由于流体的内部结构变化而具有这种种性质，在粘度测定时，这些问题应该加以注意。

1.6 粘弹性体

在我们周围，有些东西是固体还是液体无法明确区分开来。看起来像固体的物质，当给它以较大的应力之后而仔细地观察，就会看到发生了形变流动，显示出流体的性质。反之，看来是流体的物质，但又显示出类似固体那样的弹性。在种种物质之中，把兼有粘性流体和弹性体两方面性质的物质叫做粘弹性体。

例如，把淀粉溶液放在容器中加以旋转，然后很快地停下来，溶液逐渐地减小旋转速度，而刚要静止之时，就又开始向相反的方向旋转，像这样来回旋转几次之后才完全静止下来。又如，向正在旋转的淀粉溶液的中心处插入一根棒时，就可看到在棒的周围液体高隆起来的现象，这种现象叫做韦森堡效应 (Weissenberg effect)⁴⁾。这些现象的出现是由于流体具有弹性的性质之故。

在变化比 10^{-13} 秒还快的外力作用下，甚至连水都会显示弹性，蓖麻油的情况约为 10^{-6} 秒，更大分子的液体约为 $10^{-4} \sim 1$ 秒，即认为当受到比这些时间还长的缓慢的外力作用时，会引起分子的移动，但是在比这个时间短的快速变化的外力作用下，则由于没有移动的空隙而显示弹性，在分子物质之中，由于同时具有这种或长或短的移动时间，因此在显示粘性的同时也显示弹性。要详细了解有关粘弹性体的流动性，最好除了测定粘度之外还要测定弹性率⁵⁾。