



中华人民共和国国家标准

GB/T 40280—2021/ISO 2555:2018

塑料 液态或乳液态或分散体系的树脂 用单筒旋转黏度计测定表观黏度

Plastics—Resins in the liquid state or as emulsions or dispersions—Determination
of apparent viscosity using a single cylinder type rotational viscometer method

(ISO 2555:2018, IDT)

2021-08-20 发布

2022-03-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件使用翻译法等同采用 ISO 2555:2018《塑料 液态或乳液态或分散体系的树脂 用单筒旋转黏度计测定表观黏度》。

本文件由中国石油和化学工业联合会提出。

本文件由全国塑料标准化技术委员会(SAC/TC 15)归口。

本文件起草单位：中蓝晨光成都检测技术有限公司、广州特种承压设备检测研究院、安徽国登管业科技有限公司、苏州润佳工程塑料股份有限公司、浙江华峰合成树脂有限公司、山东道恩高分子材料股份有限公司、广州威科环保科技有限公司、广州质量监督检测研究院、厦门沧溟科技有限公司、东莞市起点信息科技有限公司、深圳市中安测标准技术有限公司、中广核俊尔(浙江)新材料有限公司、吉林省产品质量监督检验院、广东泰强化工实业有限公司、广东东立新材料科技股份有限公司、标格达精密仪器(广州)有限公司。

本文件主要起草人：刘芳铭、黄国家、李娟、汪理文、王泊恩、张初银、田洪池、王景、余巧玲、许捷立、谢远波、赵宇芬、陈佰全、李茂东、李尚禹、李满林、唐承明、苏纳、王万卷、郭迎迎。

塑料 液态或乳液态或分散体系的树脂

用单筒旋转黏度计测定表观黏度

1 范围

本文件规定了用单筒式旋转黏度计测量液态树脂表观黏度的方法。

本方法的黏度测量范围:0.02 Pa·s~60 000 Pa·s。

本文件适用于牛顿流体和非牛顿流体,且被测液体的表观黏度取决于在测量过程中的速度梯度。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

ISO 和 IEC 用以下网址维护术语数据库:

——ISO 在线浏览平台:<http://www.iso.org/obp>

——IEC 电子百科:<http://www.electropedia.org>

3.1

单筒式旋转黏度计 single cylinder type rotational viscometer

以恒定角速度在层流状态下通过测量作用在旋转的单个圆柱或圆盘表面上的扭矩来测定黏度的装置。

3.2

转子 spindle

连接在垂直旋转轴上的圆柱体或圆盘等可旋转的同轴物体。

3.3

表观黏度 apparent viscosity

使用预定的校准表根据测量的扭矩确定液体/流体的黏度。

注:对于非牛顿流体,表观黏度取决于剪切速率。使用这些类型的黏度计,转子的每一点的速度梯度不一样。因此,对于非牛顿流体,其结果并不是严格意义上的“已知真实黏度”,所以通常称为表观黏度。

4 原理

4.1 通则

同轴转子在测量液体中恒速旋转。

液体在主轴上施加的阻力取决于液体的黏度,引起的扭矩通过适当的装置来测量。

使用单筒式旋转黏度计测量表观黏度获得方式为:扭矩读数乘以与转子转速和特性有关的系数。

对数显式黏度计,通过设置特定的转速和输入正确的转子编号直接显示黏度。

本方法适用于牛顿和非牛顿流体。

4.2 操作原理

对于机械式黏度计,同步电动机通过齿轮箱驱动垂直轴转动。垂直轴通过螺旋弹簧驱动二级轴,形成一级轴的延伸装置。测量时,可转动的转子连接在二级轴上并浸入液体中。这两个轴以相同的频率旋转,当转子被浸没时,它们之间有一个角偏差,这是液体对旋转转子阻力的函数,即液体黏度。由于转子和表盘同时旋转,使得读数困难,表盘-转子锁定系统允许电机停止以后进行读数。对于数字黏度计,使用角度偏差测量装置自动读取垂直轴和二级轴之间的角度偏差值。图 1 显示了数字黏度计的工作原理。

4.3 仪器简要说明

机械式黏度计主机包含电气开关、同步电机、带有变速按钮的齿轮箱、螺旋弹簧、表盘和指针以及表盘-指针锁定系统。

数显式黏度计主机包含电气开关、同步电机、转速输入系统、转子输入、螺旋弹簧、转子、CPU、角偏差测量和显示系统。

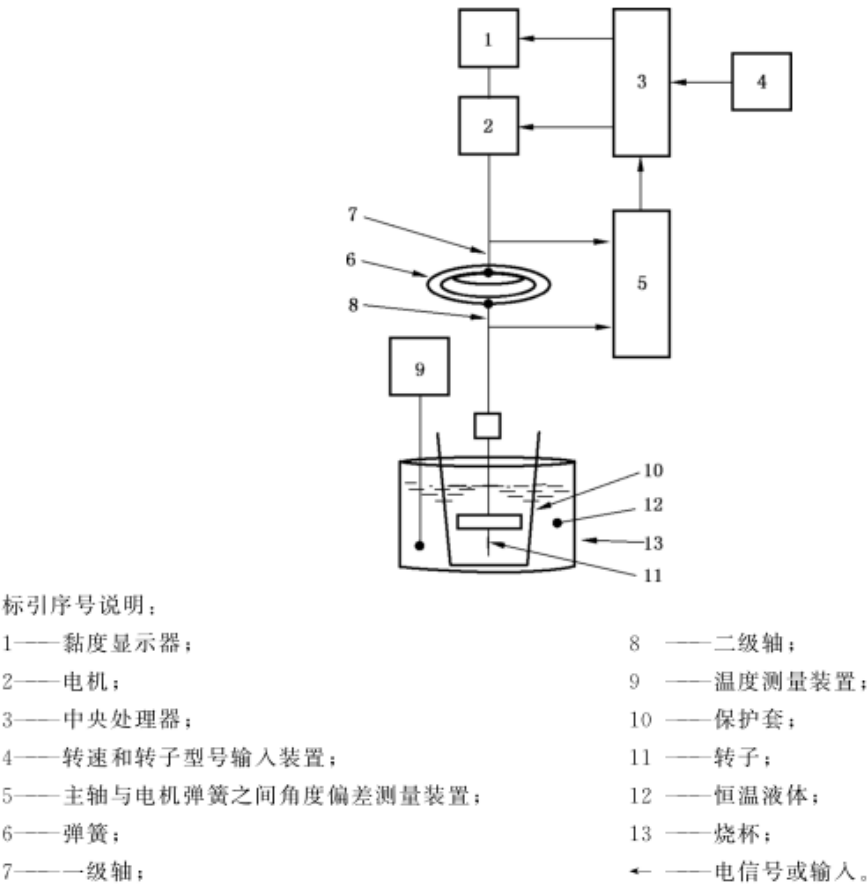


图 1 数显式黏度计工作原理示意图

5 仪器

5.1 单筒式旋转黏度计

根据液体的黏度和所需的精度,可选用 L、R、H(A)或 H(B)四种型号的黏度计用以测试样品的黏度。这些黏度计依据扭矩范围来分型。R 型为标准类型,L 型用于黏度较低时,H(A),H(B)用于黏度较高时。

可更换转子由金属材料制成,通常为圆柱或圆盘形,能固定在黏度计的主轴上。L1~L4 号转子用于 L 型黏度计,R1~R7 号转子用于 R、H(A)和 H(B)型黏度计。

附录 B 中规定的保护套用于保护装置和转子。使用保护套不得改变测量条件。

保护套是用于保护转子的金属材质的“U”型件。

附录 B 中规定了保护套和转子的性状和尺寸,测量筒的大小应根据保护套的使用而调整。

对于机械式黏度计,角速偏差是通过一根固定在转子上的水平针来测量的,该探测针能在固定在第一级(电机)轴上并能随轴转动的水平刻度盘上移动。空转时,指针应被调整至刻度盘上的“0”刻度处。

数显式黏度计自动测量转子与电机之间的偏差。

图 2 为 L 型单筒式旋转黏度计类型示例。图 3 为 R、H(A)和 H(B)型单筒式黏度计示例。



图 2 L 型单筒式旋转黏度计示例



图3 R、H(A)和H(B)型单筒式黏度计示例

每类黏度计的组成如下：

- 黏度计主机；L,R,H(A),H(B)型的选择取决于被测液体；对于塑料，通常选用R型黏度计。对于高黏度样品，推荐使用H(A)或H(B)型黏度计。当测量低黏度样品时，推荐使用L型黏度计。测量最大值比较： $L < R < H(A) < H(B)$
- 对于L型黏度计：L1~L4，四种可更换转子（L1的尺寸最大）；
- 对于R,H(A),H(B)：R1~R7，7种可更换转子（R1的尺寸最大）。

注：根据被测液体的黏度也可选择其他合适型号的单筒式旋转黏度计与相对应的转子。

所有的转子上有标记，标明其在液体中的浸入深度（见表B.1中的F）。

表1中给出了单筒式旋转黏度计的特点。

表1 单筒型旋转黏度计的特征

黏度计类型	最大扭矩 $\mu\text{N} \cdot \text{m}$	转子编号
L	67.37	L1 L2 L3 L4
R	718.7	R1 R2 R3 R4 R5 R6 R7
H(A)	1 437.4	R1 R2 R3 R4 R5 R6 R7
H(B)	5 749.6	R1 R2 R3 R4 R5 R6 R7

表2和表3给出了不同旋转速率下，转子的形状和尺寸与相应的计量仪上最大扭矩对应的黏度值。

表 2 L 型黏度计转子类型和转速以及最大黏度值之间的关系

黏度计类型	旋转速率 r/min ^b	黏度 Pa·s ^a			
		L1	L2	L3	L4
L	100	0.06	0.3	1.2	6
	60	0.1	0.5	2	10
	30	0.2	1	4	20
	12	0.5	2.5	10	50
	6	1	5	20	100
	3	2	10	40	200
	1.5	4	20	80	400
	0.6	10	50	200	1 000
	0.3	20	100	400	2 000
^a 1 Pa·s=10 ³ cP。 ^b r/min=min ⁻¹ 。					

表 3 R、H(A)和 H(B)型黏度计转子类型和转速以及最大黏度值之间的关系

黏度计类型	旋转速率 r/min ^b	黏度 Pa·s ^a						
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
R	100	0.1	0.4	1	2	4	10	40
	50	0.2	0.8	2	4	8	20	80
	20	0.5	2	5	10	20	50	200
	10	1	4	10	20	40	100	400
	5	2	8	20	40	80	200	800
	4	2.5	10	25	50	100	250	1 000
	2.5	4	18	40	80	160	400	1 600
	2	5	20	50	100	200	500	2 000
	1	10	40	100	200	400	1 000	4 000
	0.5	20	80	200	400	800	2 000	8 000
H(A)	100	0.2	0.8	2	4	8	20	80
	50	0.4	1.6	4	8	16	40	160
	20	1	4	10	20	40	100	400
	10	2	8	20	40	80	200	800
	5	4	16	40	80	160	400	1 600
	4	5	10	20	50	100	500	2 000

表 3 R,H(A)和 H(B)型黏度计转子类型和转速以及最大黏度值之间的关系 (续)

黏度计 类型	旋转速率 r/min ^b	黏度 Pa·s ^a						
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
H(A)	2.5	8	32	80	160	320	800	3 200
	2	10	40	100	200	400	1 000	4 000
	1	20	80	200	400	800	2 000	8 000
	0.5	40	100	400	800	1 600	4 000	16 000
H(B)	100	0.8	3.2	8	16	32	80	320
	50	1.6	6.4	16	32	64	160	640
	20	4	16	40	80	160	400	1 600
	10	8	32	80	160	320	800	3 200
	5	16	64	160	320	640	1 600	6 400
	4	20	80	200	400	800	2 000	8 000
	2.5	32	128	320	640	1 280	3 200	12 800
	2	40	160	400	800	1 600	4 000	16 000
	1	80	320	800	1 600	3 200	8 000	32 000
	0.5	160	640	1 600	3 200	6 400	16 000	64 000
^a 1 Pa·s=10 ³ cP。 ^b r/min=min ⁻¹ 。								

每年用可追溯的标准液体校准一次。

5.2 恒温浴

用于保持被测样品在被测温度±0.2℃以内。
推荐测试温度:20℃,23℃,25℃,40℃,55℃,70℃,85℃和100℃。
如果在高温下进行测试,转子和仪器之间应使用可伸缩轴套。

5.3 其他装置

- 5.3.1 支撑架,用于支撑和升降黏度计。
- 5.3.2 烧杯,适用于预期的转子和保护套的玻璃筒。
可使用任意大小的烧杯,当需要对测量结果进行比较时,应使用同样大小的烧杯。
- 5.3.3 温度测量装置。
——分辨率:±0.1℃;
——准确度:±0.2℃。

6 转子和转速的选择

转子和转速的选择要综合考虑被测样品的黏度、测试精度和速度梯度。为了获得最佳的精度,优选

测量范围为满量程偏转的 45%~90%，绝不应在小于满量程偏转的 20%或大于 95%的情况下进行测量。

根据转速选择使用一种或多种适宜的黏度计类型，如果使用一种以上的黏度计类型，每种都应该使用相同的转速。可以根据表 2 和表 3 中规定的或期望的黏度做出选择。

为了进行结果比较，即使要求是在全量程的 45%~95%偏转范围内使用转子，宜使用相同的转子。实践表明，不同的转子之间结果可能存在偏差。

如果被测黏度是未知的，应该从 R7 或 L4 号转子开始，使用依次的转子进行测量。

附录 A 中给出了通常情况下液态、乳液态和分散体系树脂的测试条件。

7 操作步骤

7.1 将黏度计及其保护套(如果适用)安装在支架上。烧杯(5.3.2)中填满被测液体，注意避免引入气泡。然后将烧杯置于恒温浴(5.2)中直至达到所需温度。如果液体中含有挥发性成分或具有吸湿性，在恒温测试过程中应密闭烧杯。特别注意，在黏度测试过程中产品需完全不含气泡。如有必要，可采用抽真空或其他适宜的方法消除气泡。

7.2 测试过程中，液体的温度必须恒定。不同类型和黏度的液体达到所需温度的时间不同，应该测试进行检查。如果液体的黏度很高，则可能需要长达 24 h 才能达到温度平衡。

7.3 为了消除附着在转子上的气泡，保持烧杯在恒温浴中，让转子以相对于液体 45°左右的夹角浸入。这样有利于消除气泡，然后将转子调整竖直，并将其连接到设备的轴上。R1 号转子容易脱落，因为 R1 号转子顶部表面有一个孔(见图 4)，R1 号转子用于低黏度液体。



图 4 R1 号转子

7.4 通过黏度计上的气泡水平仪，检查转子的垂直情况，转子下端与烧杯底部距离超过 10 毫米，轴上转子侵入标记线以下。将温度计(5.3.3)浸入液体。图 5 显示了气泡水平指示器。



图 5 气泡水平指示器

- 7.5 待温度达到所需的测试温度。
- 7.6 对于数显式黏度计,输入所用的转速和转子编号。启动电机,并按照所需的转速运行。
- 7.7 对于机械式黏度计,允许仪器运行并读取刻度盘,精确至满量程的 0.25%。当指针达到稳定,锁定指针关闭电机,读取数字。
- 7.8 对于数显式黏度计,自动计算和显示黏度。
- 7.9 表盘读数的缓慢变化表明液体具有触变性或震凝性。最好参照制造商的指示,在规定的时间内,或是当它变为常数时,读取刻度盘的读数。也可以绘制黏度和测试时间的函数曲线。
- 7.10 不同的液体具有不同的流变性。对于具有触变或流变行为的液体,测试时间应是固定的,例如 1 min。
- 7.11 连续进行测试,直至两次连续测试结果的偏差不超过 3%。取两次测量的平均值。
- 7.12 每次测量后,从仪器上取下转子用适当的溶剂进行清洗。例如,轻质油、中性洗涤剂、碱性清洗液或水。

8 结果计算

根据式(1)计算被测产品的表观黏度,以帕斯卡秒(Pa·s)为单位计:

$$\eta = \frac{A \cdot k \cdot l}{1\,000} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- η —— 表观黏度,单位为帕斯卡秒(Pa·s);
- A —— 与黏度计类型相关的系数:L 型为 1、R 型为 1、H(A)型为 2、H(B)型为 8;
- k —— 与使用的转子和旋转频率相关的系数,以附录 B 中所列的仪器为例,表 4 和表 5 给出 k 值;
- l —— 两次读数的平均值。

对于数显式黏度计,不需要通过上式计算。选择转速并输入转子编号后,自动计算和显示黏度值。

表4 不同转子—转速情况下的系数 k 值

黏度计类型	转速 r/min	系数 k^*			
		转子			
		L1	L2	L3	L4
L	100	0,6	3	12	60
	60	1	5	20	100
	30	2	10	40	200
	12	5	25	100	500
	6	10	50	200	1 000
	3	20	100	400	2 000
	1,5	40	200	800	4 000
	0,6	100	500	2 000	10 000
	0,3	200	1 000	4 000	20 000
* 可用已知黏度的液体校准转子以获得 k 值。					

表5 不同转子—转速情况下的系数 k 值

黏度计类型	转速 r/min	系数 k^*						
		转子						
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
R, H(A),H(B)	100	1	4	10	20	40	100	400
	50	2	8	20	40	80	200	800
	20	5	20	50	100	200	500	2 000
	10	10	40	100	200	400	1 000	4 000
	5	20	80	200	400	800	2 000	8 000
	4	25	100	250	500	1 000	2 500	10 000
	2,5	40	160	400	800	1 600	4 000	16 000
	2	50	200	500	1 000	2 000	5 000	20 000
	1	100	400	1 000	2 000	4 000	10 000	40 000
	0,5	200	800	2 000	4 000	8 000	20 000	80 000
* 可用已知黏度的液体校准转子以获得 k 值。								

结果保留三位有效数字,注明黏度计类型[L、R、H(A)、H(B)]、转子编号和转速。如下所示:

$$\text{黏度}(R/3/20)=4.25 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$[1 \text{ Pa} \cdot \text{s}=10^3 \text{ cP}]$$

9 试验报告

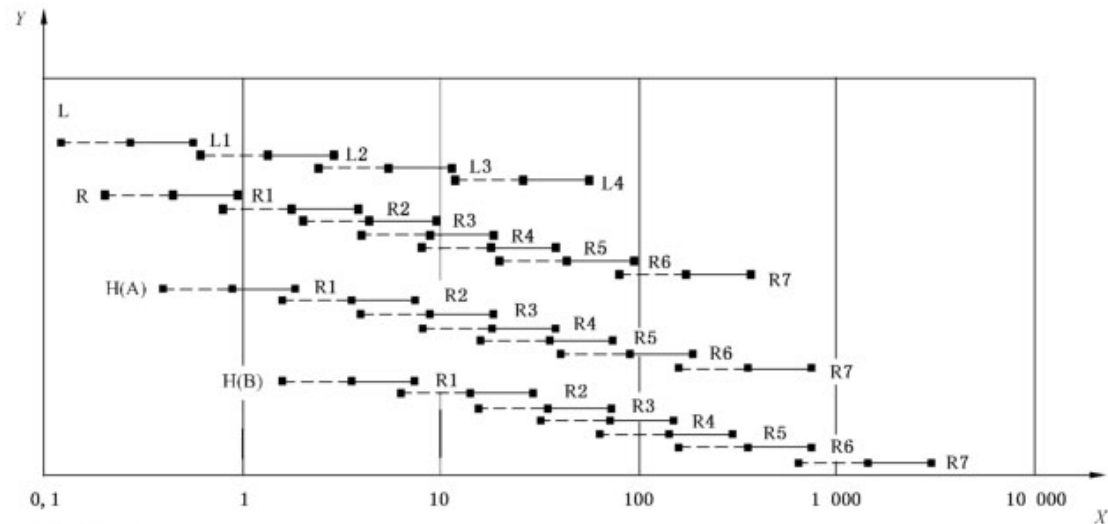
试验报告至少应给出以下几个方面的内容:

- 注明使用本文件；
- 试验对象；
- 测试试样的名称；
- 测试温度；
- 黏度计类型、转速、转子；
- 烧杯尺寸,是否安装保护套；
- 试验结果；
- 观察到的异常现象；
- 试验日期。

附 录 A
(资料性)

液体、乳液和分散液中树脂的一般应用试验条件的选择

图 A.1 显示在一定转速条件下黏度计的黏度覆盖范围。



标引序号说明：
-----允许范围；
——推荐范围；
X —— 黏度；
Y —— 黏度计类型和转子型号。

图 A.1 L、R、H(A)和 H(B)型黏度计在 10 r/min 转速时的黏度范围(对数刻度)

对于特定的产品推荐使用特殊的条件。
表 A.1 总结了参照国际惯例的一些产品的测试条件。根据黏度值选择转子。

表 A.1 测试条件示例

产品	黏度计类型	转速 r/min	温度 ℃	备注
酚醛树脂	R°	50	23	
聚酯树脂	R°	10	23	
环氧树脂	R°	10	23	
胶黏剂	R°	10 或 20	23	
水性分散体	R°	50	23	1 min 后读数
PVC 糊树脂	R°	20	23	1 min 后读数
* 当产品黏度大于 R 型黏度计的黏度极限时,可以使用 H(A)和 H(b)型。对于黏性较小的产品,可以使用 L 型。				

附录 B
(规范性)
转子和保护套

保护套的形状和尺寸见图 B.1。

单位为毫米

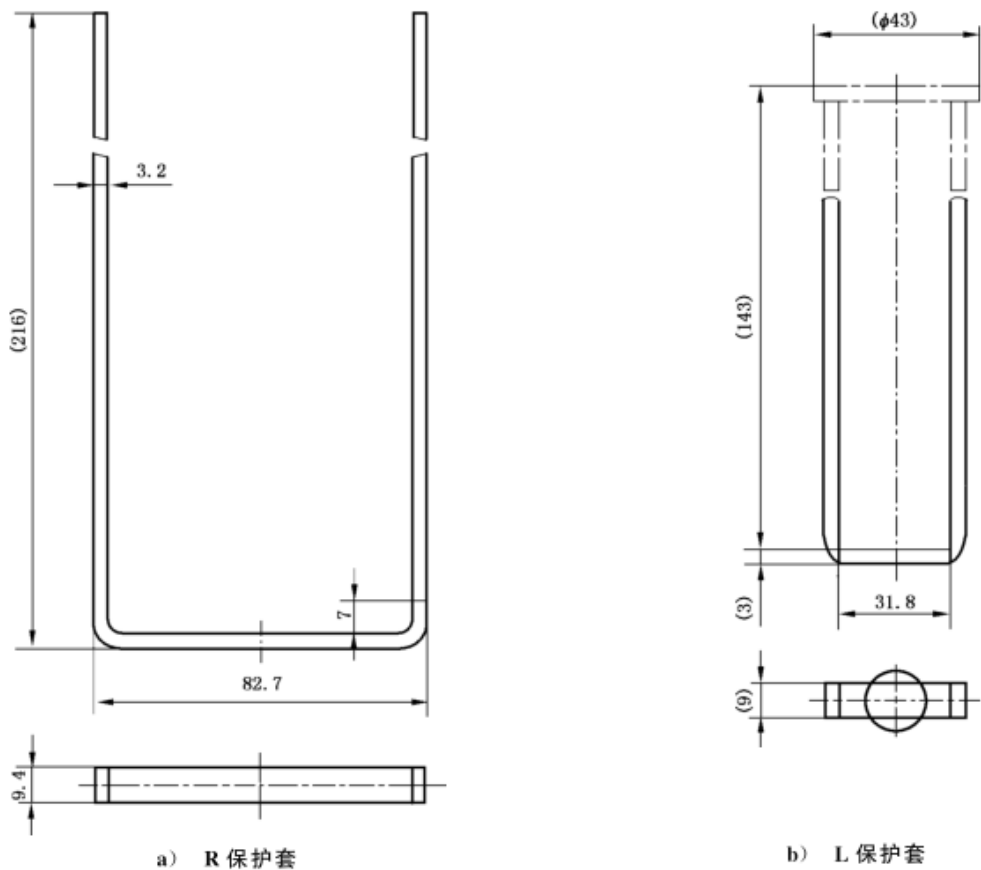


图 B.1 保护套的形状和尺寸

转子的形状和尺寸见图 B.2 和表 B.1。

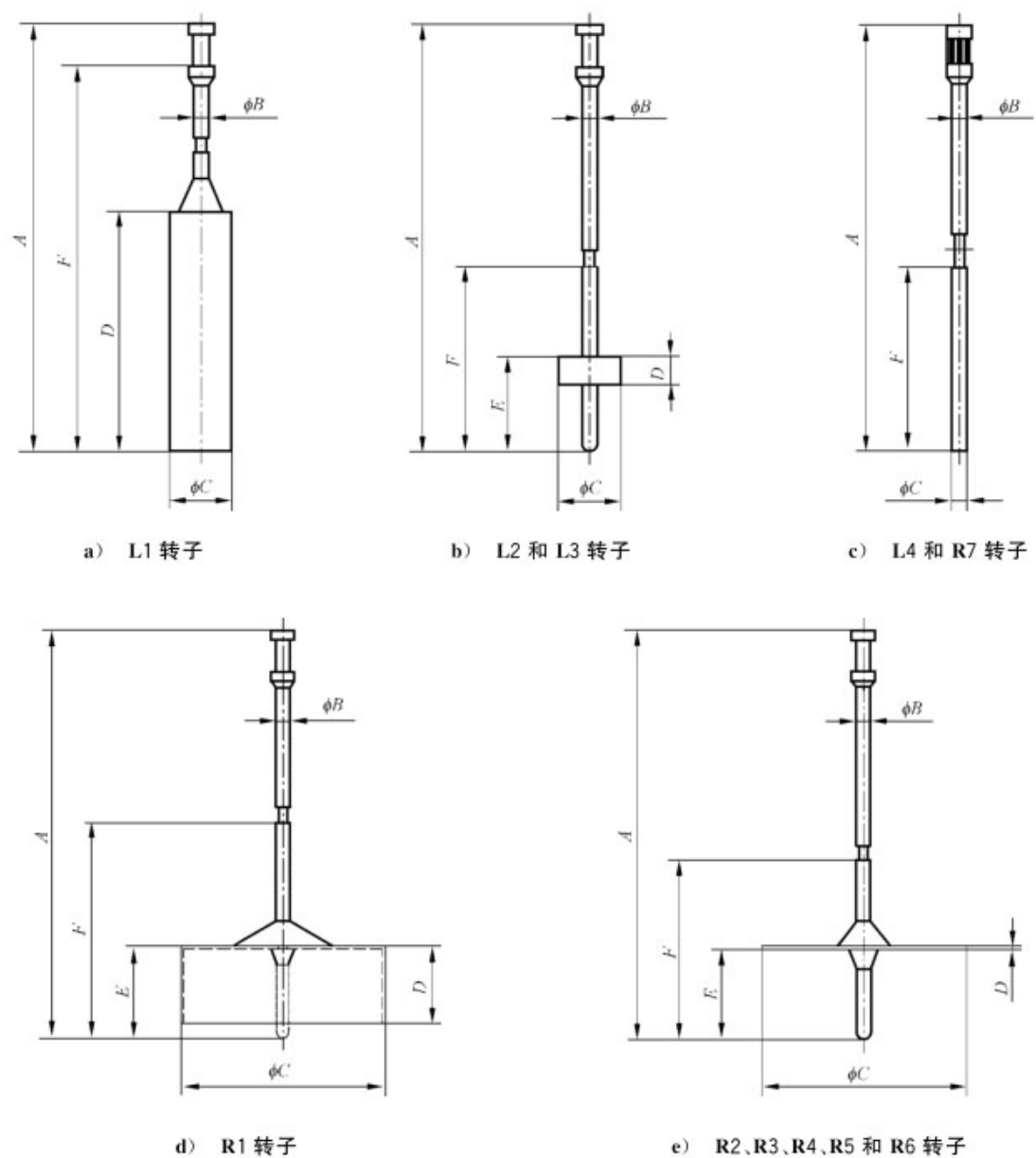


图 B.2 转子的形状和尺寸

表 B.1 转子的尺寸

单位为毫米

黏度计 类型	转子	A	B	C	D	E	F
		长	主轴直径	柱或盘直径	柱或盘厚度	圆柱或盘顶部到 转子底部的长度	从浸入标记到转子 底部的长度
公差	—	±1.3	±0.03	±0.1	±0.1	±1.3	0.2
L	L1	115.1	3.18	18.8	65.1	—	81.0
	L2	115.1	3.18	18.7	6.9	25.4	50.0

表 B.1 转子的尺寸 (续)

黏度计 类型	转子	A	B	C	D	E	F
		长	主轴直径	柱或盘直径	柱或盘厚度	圆柱或盘顶部到 转子底部的长度	从浸入标记到转子 底部的长度
公差	—	±1.3	±0.03	±0.1	±0.1	±1.3	0.2
L	L3	115.1	3.18	12.6	1.8	25.6	50.0
	L4	115.1	3.18	3.2	—	—	31.0
R, H(A), H(B)	R1	133.4	3.18	56.3	22.5	27.0	61.1
	R2	133.4	3.18	46.9	1.6	27.0	49.2
	R3	133.4	3.18	34.7	1.6	27.0	49.2
	R4	133.4	3.18	27.3	1.6	27.0	49.2
	R5	133.4	3.18	21.1	1.6	27.0	49.2
	R6	133.4	3.18	14.6	1.6	30.2	49.2
	R7	133.4	3.18	3.2	—	—	50.4

参 考 文 献

- [1] ISO 1652 Rubber latex—Determination of apparent viscosity by the Brookfield test method
 - [2] ISO 3219 Plastics—Polymers/resins in the liquid state or as emulsions or dispersions—
Determination of viscosity using a rotational viscometer with defined shear rate
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
塑料 液态或乳液态或分散体系的树脂
用单筒旋转黏度计测定表观黏度
GB/T 40280—2021/ISO 2555:2018

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2021年8月第一版

*

书号: 155066 · 1-67624

版权专有 侵权必究



GB/T 40280-2021