



# 中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 6316—1997

---

## 稠油油藏流体物性分析方法 原油粘度测定

Analytical approach of fluid physical property for heavy – oil reservoirs  
Crude oil viscosity measurements

1997 – 12 – 31 发布

1998 – 07 – 01 实施

---

中国石油天然气总公司 发布

目 次

前言 ..... IV

1 范围 ..... 1

2 测试原理 ..... 1

3 测试装置及仪器 ..... 1

4 测试准备 ..... 2

5 测试步骤 ..... 2

6 测试分析报告 ..... 3

附录 A（标准的附录）粘度测量范围与误差和剪切速率关系图 ..... 4

附录 B（标准的附录）测试报告封面格式 ..... 8

附录 C（标准的附录）测试报告首页格式 ..... 9

附录 D（标准的附录）稠油粘度测试结果表格式 ..... 10

附录 E（标准的附录）ASTM 标准粘温关系图 ..... 11

## 前 言

稠油的粘度对温度极其敏感,准确测定稠油粘温关系数据对于提高稠油油藏开发方案选择与数值模拟结果的可靠性是十分重要的。为了规范稠油粘度的测试方法,特制定本标准。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E 都是标准的附录。

本标准由油气田开发专业标准化委员会提出并归口。

本标准由石油勘探开发科学研究院热力采油研究所负责起草。

本标准主要起草人 沈德煌 聂凌云

# 稠油油藏流体物性分析方法

## 原油粘度测定

Analytical approach of fluid physical property for heavy - oil reservoirs  
Crude oil viscosity measurements

### 1 范围

本标准规定了稠油油藏原油粘度的测定方法及技术要求。其他旋转粘度计测定方法及要求可参照执行。

本标准适用于使用 RV20 旋转粘度计测定粘度在 10mPa·s 至 10<sup>5</sup>mPa·s 范围内地面脱气原油。

### 2 测试原理

在确定的剪切速率下，样品的粘度正比于剪切应力。

旋转粘度计由固定测量筒和旋转圆筒（转子）构成，DC 电动机驱动转子并用反馈线路控制器将转子控制在程序设定的速度上。样品对转子转动的阻力导致电动机和驱动轴之间的扭力杆产生扭动，用电子传感器来测定偏转度，然后处理成数据并显示出来。用公式表示为：

$$\eta = \frac{\tau}{D} = \frac{AS}{Mn} \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中： $\eta$ ——动力粘度，mPa·s；

$\tau$ ——剪切应力，mPa；

$D$ ——剪切速率，s<sup>-1</sup>；

$A$ ——剪切应力因子，对于一个特定的传感器系统和其粘度计，是一个常数；

$S$ ——扭力杆的偏转度显示在粘度计指示器上的信号；

$M$ ——剪切速度因子，它取决于测量筒（杯子）和转子的比率，s<sup>-1</sup>/刻度；

$n$ ——转子转速，min<sup>-1</sup>。

### 3 测试装置及仪器

测试装置如图 1 所示。

#### 3.1 RV20 旋转粘度计

RV20 旋转粘度计主要包括：测量系统、计算机数据采集、处理系统和温度控制等部分。

#### 3.2 测量筒

a) D100/300 测量筒的工作温度：0～300℃；工作压力：常压～10.0MPa；粘度测量范围 10～10<sup>4</sup>mPa·s。

b) 敞口杯式测量筒，工作压力：常压；工作温度：低于 100℃；粘度测量范围 10～10<sup>5</sup>mPa·s。

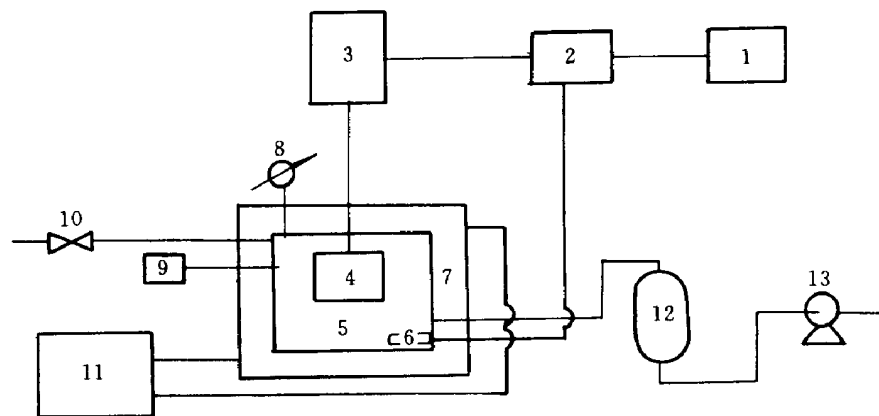
#### 3.3 恒温循环油浴

工作温度：室温～300℃，精度±0.1℃。

#### 3.4 高压贮样器

容积为 200～400mL 的活塞容器。

#### 3.5 泵



1—计算机数据采集、处理系统；2—RV<sub>20</sub>流变测试系统、RC<sub>20</sub>流变控制仪；3—驱动马达；4—测量探头；  
5—测量筒；6—温度探头；7—保温套；8—压力表；9—安全阀；10—溢流口；11—循环器；  
12—高压贮样器；13—泵

图1 脱气原油粘度测试示意图

一般使用高压恒速泵，排量：0~60mL/min，工作压力：0.0~15.0MPa。

## 4 测试准备

### 4.1 粘度计标定方法及步骤

粘度计采用标准粘度液每年标定一次。

- 将粘度计清洗干净，并用氮气吹干；
- 将标准粘度液注入测量筒；
- 选择测试转子，设置适宜的剪切速率，见附录 A（标准的附录）；
- 恒温到标准粘度液所要求之温度；
- 测定标准粘度液的粘度，测定值和标准值的误差不大于±5.0%为合格。

### 4.2 原油样品的处理

用于测定粘度的原油应先过滤后脱水。

#### 4.2.1 原油过滤

用孔径为 0.043mm 的滤网过滤，过滤时加热温度应低于 100℃。

#### 4.2.2 原油脱水

脱水采用高温脱水器脱水或离心脱水方法。加热脱水时，温度应低于 120℃，样品最终含水小于 0.5% 为合格。

## 5 测试步骤

### 5.1 装样

#### 5.1.1 D100/300 测量筒装样

把经过处理的样品装入高压贮样器。用泵通过高压贮样器慢慢把样品挤入 D100/300 测量筒，直至样品从 D100/300 测量筒上部溢流出一部分为止。

#### 5.1.2 敞口杯式测量筒装样

把经过处理的样品沿着杯壁缓慢倒入杯中，至杯中标志线即可。

### 5.2 常压粘度测试

#### 5.2.1 启动仪器

插上电源依次打开恒温循环油浴、计算机、RC20、RV20 的电源开关。

#### 5.2.2 设置测试参数

- a) 输入样品名称及序号;
- b) 选定测量探头 (M5);
- c) 选择测试转子, 设置剪切速率见附录 A (标准的附录);
- d) 设置测试粘度的温度。

### 5.2.3 恒温

每一测试温度点恒温 20~40min, 然后开始测试。

### 5.2.4 粘度测量

- a) 粘度测量应从低温到高温, 每一样品粘度测量不应少于 6 个温度点, 其中应有一个测试点温度接近油藏温度;
- b) 每测量一个温度点, 必须立即进行一次零点调整, 并将数据文件存盘。

### 5.3 高压条件粘度测量

在一固定温度下, 用泵把高压贮样器内的原油挤入 D100/300 高温高压测量筒, 直至达到设定的压力, 测试程序同 5.2。

### 5.4 数据处理

测试结束后, 对每个温度及压力点的粘度数据利用 RV20 的软件包进行回归处理。

## 6 测试分析报告

测试报告按照附录 B (标准的附录)、附录 C (标准的附录)、附录 D (标准的附录) 和附录 E (标准的附录) 的要求填写。

## 附录 A

(标准的附录)

粘度测量范围与误差和剪切速率关系图

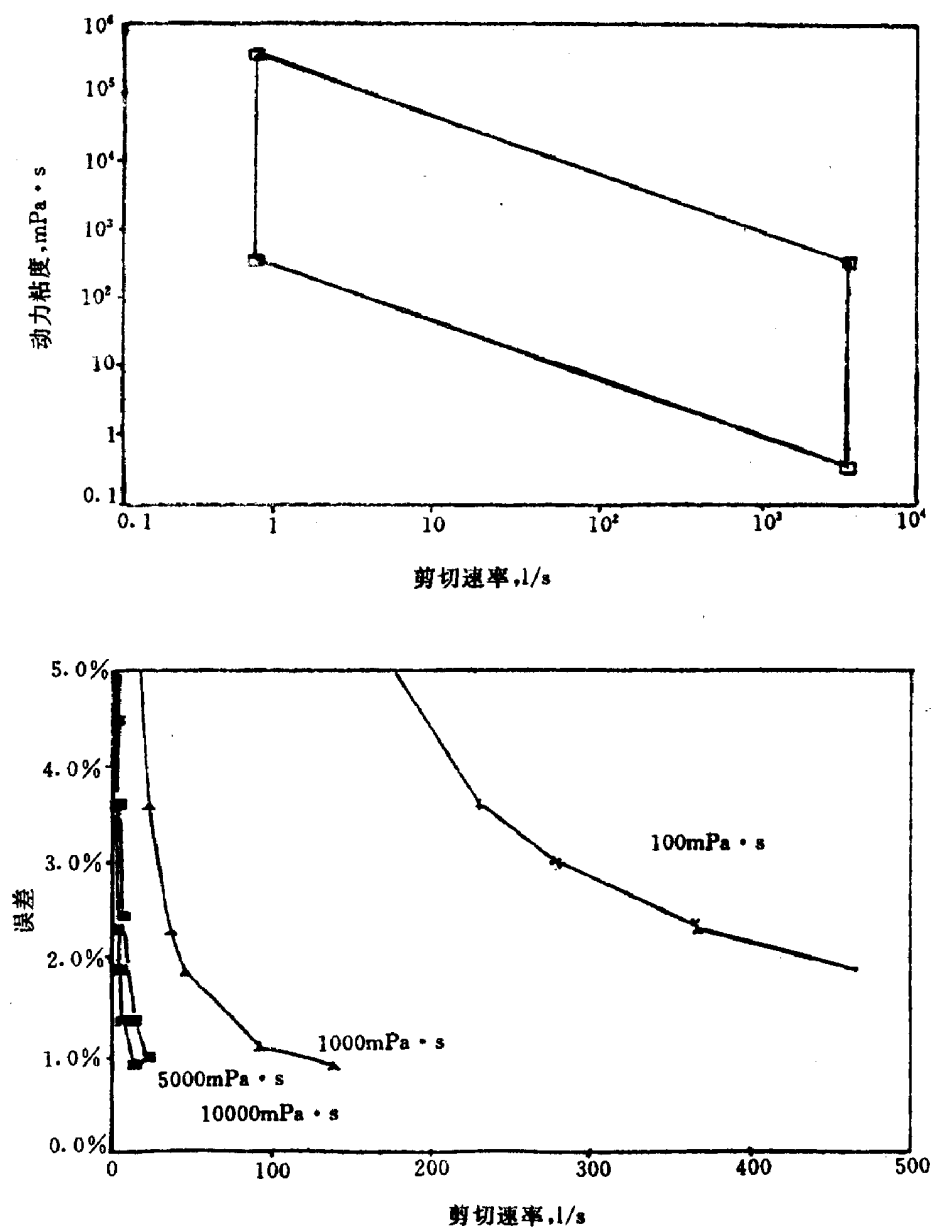


图 A1 测量粘度范围及误差和剪切速率的关系  
(转子  $\phi=44$ ,  $A=1.64$ ,  $M=4.64$ )

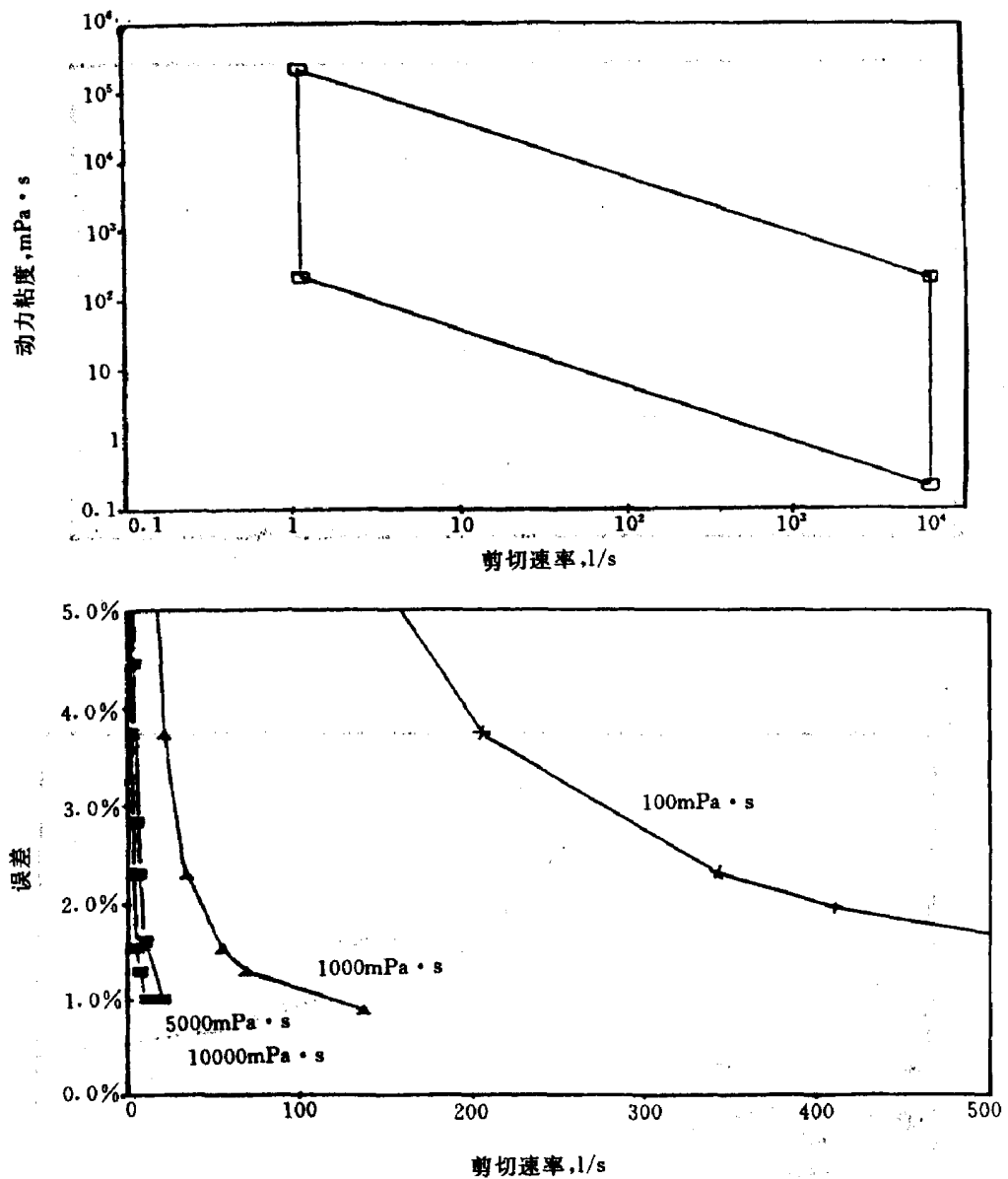


图 A2 测量粘度范围及误差和剪切速率的关系  
(转子  $\phi=46$ ,  $A=1.5$ ,  $M=6.82$ )



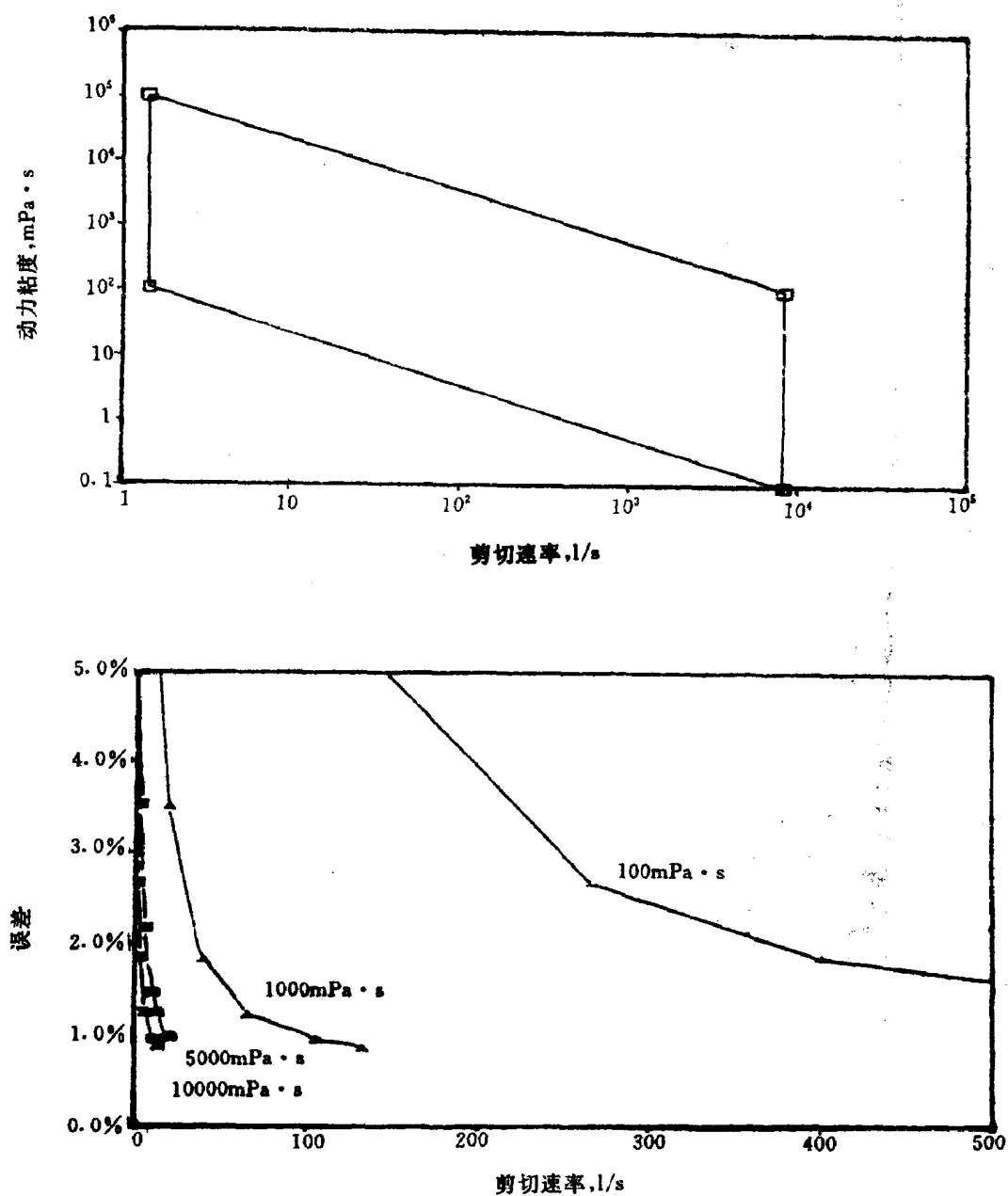


图 A3 测量粘度范围及误差和剪切速率的关系  
(转子 $\phi=48$ ,  $A=1.38$ ,  $M=13.36$ )

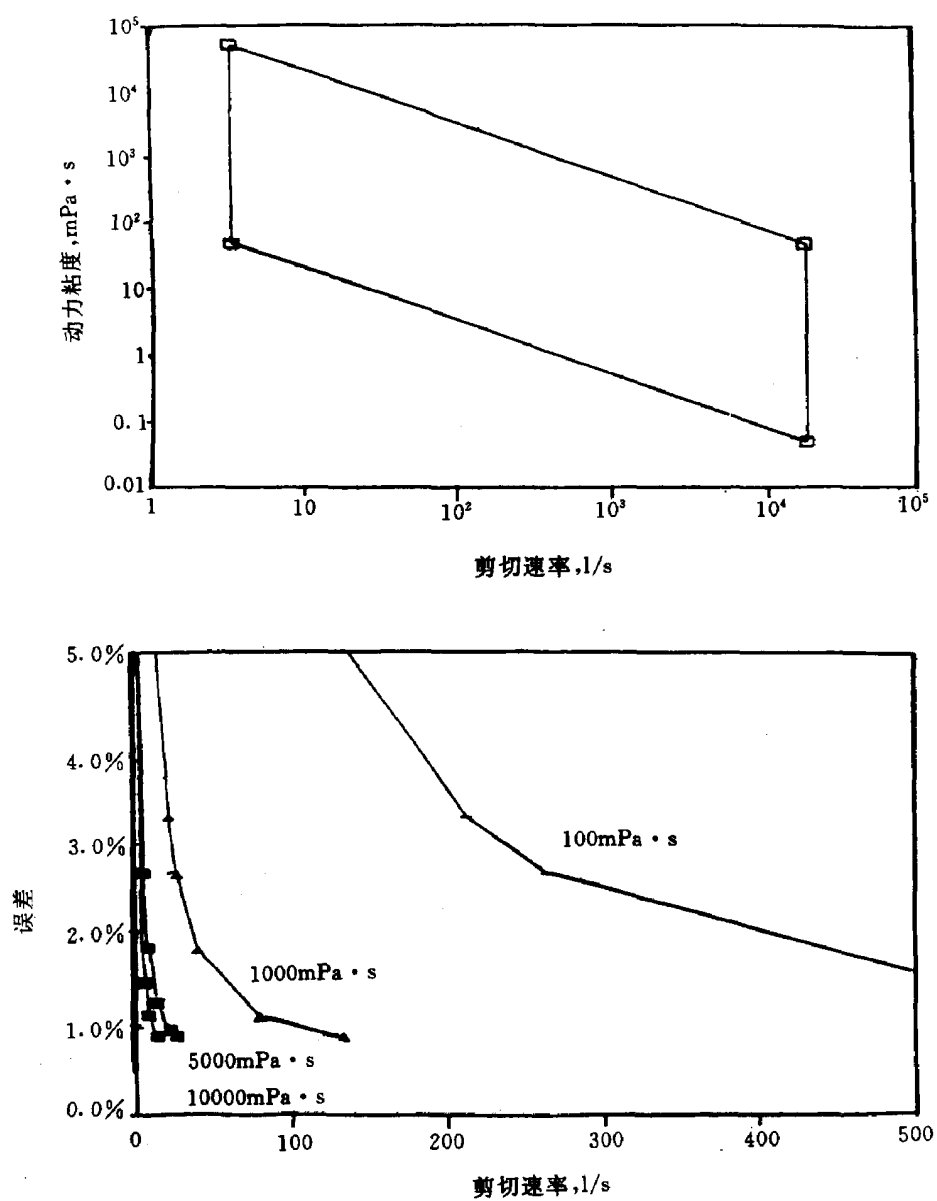


图 A4 测量粘度范围及误差和剪切速率的关系  
(转子  $\phi=49$ ,  $A=1.33$ ,  $M=24.44$ )

附 录 B  
(标准的附录)  
测试报告封面格式

稠油粘度测试报告

地区:

油田:

井号:

层位:

送样单位:

测试单位:

报告编号:

报告日期:

附 录 C  
(标准的附录)  
测试报告首页格式

本报告共      页。

检测依据：

检测主要设备及编号：

检测人：

校核人：

技术负责人：

附 录 D  
(标准的附录)  
稠油粘度测试结果表格式

表 D1 稠油粘度测试结果

温度 ℃	压力 MPa	剪切速率 1/s	动力粘度 mPa·s

## 附 录 E

(标准的附录)

## ASTM 标准粘温关系图

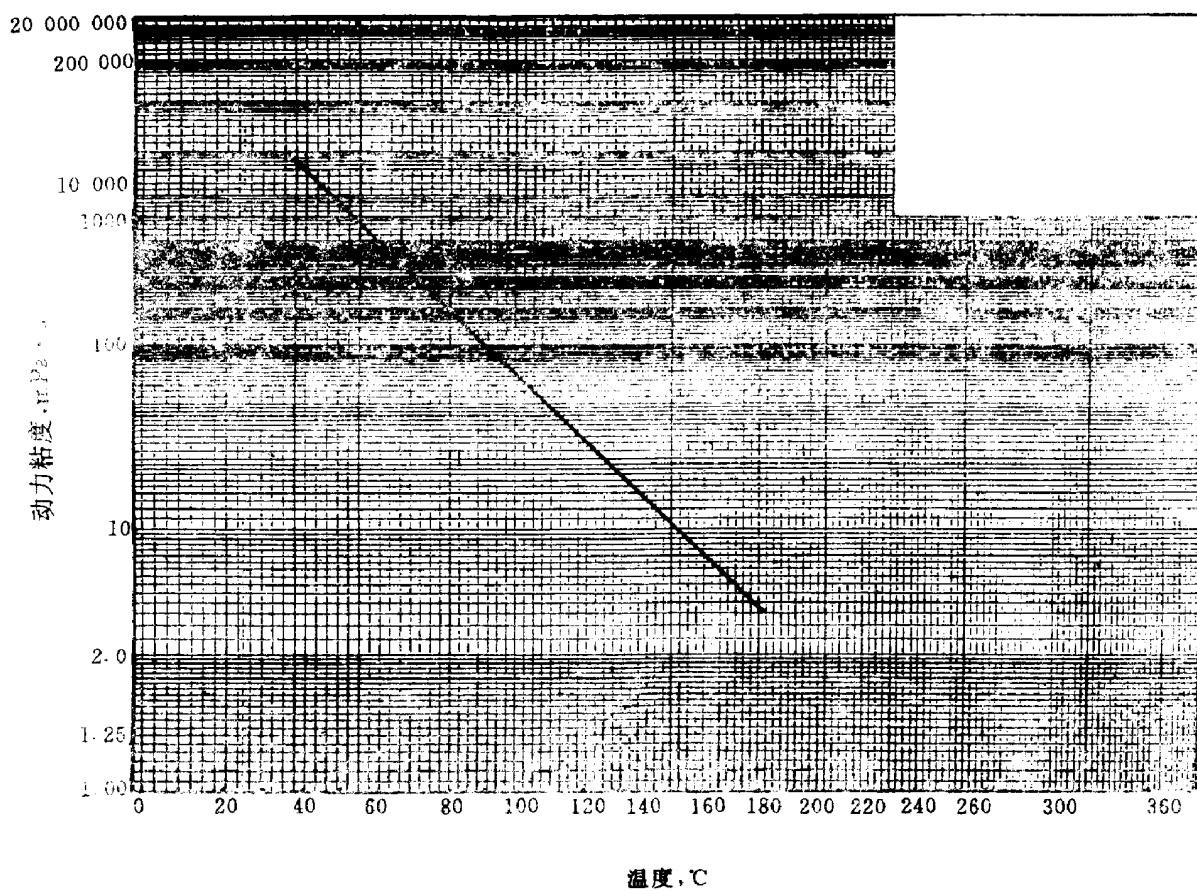


图 E1 ASTM 标准粘温关系曲线