

# 润滑剂承载能力测定法

## (CL-100 齿轮机法)

代替 SY 2691—84

### 1 主题内容与适用范围

本标准规定了用 CL-100 齿轮机评定润滑剂承载能力的具体方法。

本标准适用于测定润滑剂的承载能力。

### 2 引用标准

GB 1922 溶剂油

### 3 方法概要

将试验齿轮装进试验齿轮箱中，加入试样，控制初始油温，恒速运转 15min，但是允许油温在各级试验中自由上升。齿面的载荷按级增加。在各级载荷运转结束后，对齿面用目测检查和评定，同时记录和绘制齿面出现的破坏图形。

### 4 设备与材料

#### 4.1 设备

4.1.1 CL-100 齿轮试验装置及其功率传动系统(见图 1)：试验装置包括一个驱动齿轮箱和一个试验齿轮箱，用两根扭力轴将它们连接起来。刚性轴上有一个刚性加载离合器(见图 2)。试验齿轮箱内有一个盘管加热器用以加热试样。在靠近小齿轮的箱体一侧装有温度传感器，可按预选温度对加热器进行控制。试验装置由一台转速约为 1460r/min，5.5kW 的电动机来驱动。有关试验机的安装校验和运转的详细说明，见制造厂的操作说明书。齿轮的转向应符合图 3 要求。

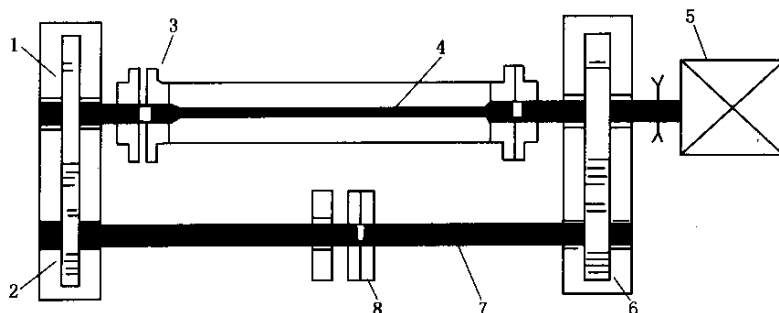


图 1 试验装置功率传动系统

1—试验大齿轮；2—试验小齿轮；3—扭矩测量器；4—弹性轴；  
5—驱动电机；6—驱动齿轮箱；7—刚性轴；8—加载离合器

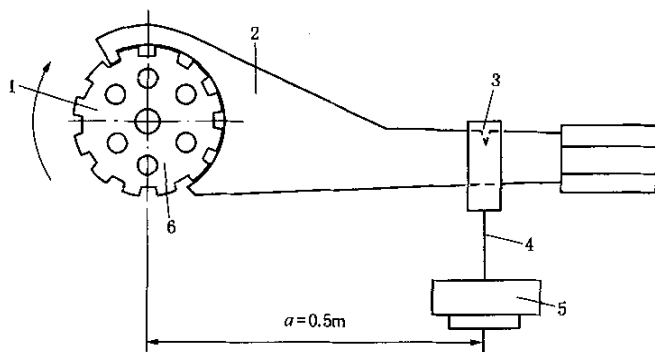


图2 加载示意图

1—小齿轮扭矩为  $M_1$ ；2—加载杆  $H$ ；3—砝码吊盘刀口；

4—砝码吊盘重量为  $K$ ；5—砝码重量为  $W$ ；6—加载离合器

注：小齿轮的扭矩  $M_1$  等于加载杆的扭矩  $M_H$  与  $a(K+W)$  的总和。 $M_1 = H + 0.5(K+W)$

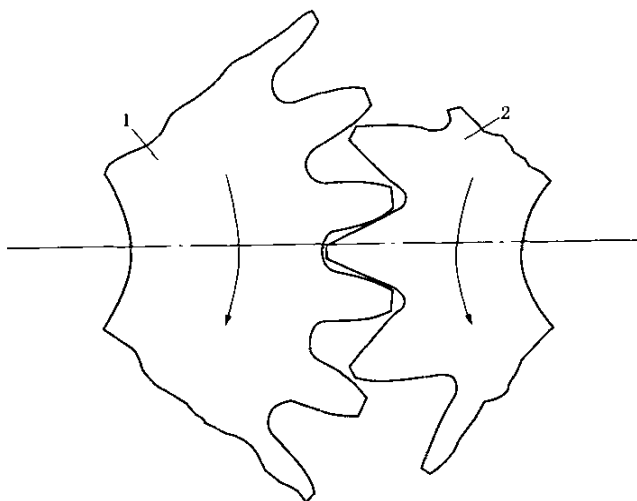


图3 试验齿轮的安装和转向

1—大齿轮；2—小齿轮

#### 4.1.2 试验齿轮

试验时使用一对规格符合附录 A 的国产 QCL-003 型或联邦德国 FZG“A”型齿轮。

在做同一润滑剂试验时，每对齿轮可以使用两次，用过一面后，翻过来再用另一面作为承载面。

#### 4.1.3 计时装置或转数计(每半年校验一次)。

#### 4.1.4 恒温箱。

#### 4.2 材料

##### 4.2.1 溶剂油：符合 GB 1922 中 190 号的要求。

##### 4.2.2 细纱手套。

### 5 齿轮试验机的校验

5.1 新的齿轮试验机除进行设备验收外，还要用参考油进行校验，用两对试验齿轮做重复试验。

5.2 齿轮试验机一年或进行 40 次试验后，需用参考油进行校验，校验时应用两对试验齿轮做重复试验。

## 6 准备工作

- 6.1 用溶剂油彻底冲洗试验齿轮箱两次，清洗时，溶剂油要加至轴线以上，然后用手慢慢地转动试验机；清洗完毕，排放溶剂油，用干燥空气将齿轮箱吹干。
- 6.2 取出一对新的试验齿轮，用目测检查是否有腐蚀、锈蚀或任何其他形式损伤，如有上述损伤，则不能使用。
- 6.3 用溶剂油清洗试验齿轮，并吹干，操作时要戴手套。

## 7 试验步骤

- 7.1 将试验齿轮放入恒温箱，加热到 60℃ 左右。
- 7.2 按图 1 和图 3 组装试验齿轮，小齿轮装在刚性轴上(右边)，大齿轮装在弹性轴上(左边)。
- 7.3 安装步骤：
- 7.3.1 安装大小齿轮步骤如下。
- 把垫圈装在试验齿轮箱体轴承表面上。
  - 装上涂有试样的大小齿轮。
  - 在大小齿轮的外面分别装上垫圈。
  - 装上轴承。
  - 装上锥形垫圈。
  - 装上止动垫圈。
  - 上紧固定螺母，锁死止动垫圈。
  - 装上轴承盖。
- 7.3.2 关好试样放出阀。
- 7.3.3 将试样加入试验齿轮箱内，液面至轴心线处，试样量约 1.25L。
- 7.3.4 插上加热器插头，将试样加热至 90℃ 左右，关闭加热器，用手转动试验机，冲洗试验齿轮箱，然后放出试样。
- 7.3.5 再将新试样加入试验齿轮箱内，液面至轴心线处。
- 7.3.6 装好试验齿轮箱顶盖。
- 7.4 按表 1 中规定的试验条件，先将试样温度升至  $90^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，恒温 10min 后按表 2 加上第 1 级载荷，取下离合器销钉，盖上试验机防护罩。加载时加载杆  $H$  要保持与水平面的夹角在  $\pm 15$  度以内，然后起动电动机运转 15min。

以后各载荷级试验按表 2 进行。

表 1 试验条件

项 目	试 验 条 件
电动机转速	约 1460r/min
每一载荷级运转时间	15min, 约 21700 转(电动机转数)
试验初始试样温度	$90^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ (可在温度控制器上预调)

注：初始试样温度为  $90^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，由加热器和毫伏计来控制。在低载荷级时通过加热器来保持试样温度不低于  $90^{\circ}\text{C}$ ；而在高载荷级时试样温度将会超过  $90^{\circ}\text{C}$ ，当试样温度升到  $100^{\circ}\text{C}$  时应关闭加热器，允许试样温度自由上升，这时毫伏计用来作为测温指示。

- 7.5 每级试验运转后要记录油温、扭矩和电动机总转数(见附录 B 试验记录)。
- 7.6 从第 4 级载荷试验结束后，打开试验齿轮箱上盖，目测齿面的破坏情况。根据图 4~11 和表 3 评定和记录齿面的状态。如出现擦伤和胶合(图 6~11)，要绘制齿面破坏图形。

表 2 载荷级

载荷级	小齿轮上的扭矩 $M_1$		试验齿轮的齿面载荷 $P$		各载荷级结束时 完成的总功		加载离合器上的载荷
	牛顿米 Nm	公斤力米 kgf·m	牛顿 N	公斤力 kgf	兆焦 MJ	马力小时 PS·h	
1	3.33	0.34	99.1	10.1	0.69	0.26	$H_1$
2	13.7	1.4	407.0	41.5	3.49	1.32	$H_2$
3	35.3	3.6	1044	106.5	10.64	4.02	$H_2 + K$
4	60.8	6.2	1800	183.6	23.1	8.74	$H_2 + K + W_1$
5	94.1	9.6	2786	284.1	42.4	16.0	$H_2 + K + W_1 + W_2$
6	135.3	13.8	4007	408.6	70.2	26.5	$H_2 + K + W_1 + W_2 + W_3$
7	183.4	18.7	5435	554.2	107.8	40.7	$H_2 + K + W_1 + \dots + W_4$
8	239.3	24.4	7080	722.0	156.8	59.2	$H_2 + K + W_1 + \dots + W_5$
9	302.0	30.8	8949	912.5	218.7	82.6	$H_2 + K + W_1 + \dots + W_6$
10	372.6	38.0	11029	1124.6	295.2	111.5	$H_2 + K + W_1 + \dots + W_7$
11	450.1	45.9	13343	1360.6	387.6	146.4	$H_2 + K + W_1 + \dots + W_8$
12	534.5	54.5	15826	1613.8	497.3	187.8	$H_2 + K + W_1 + \dots + W_9$

注： $H_1$ —轻加载杆质量； $H_2$ —重加载杆质量； $K$ —砝码托盘质量； $W_1 \sim W_9$ —砝码质量。PS·h：1.00HP(英制马力) = 1.014PS(德国马力)。

表 3 齿面破坏形式的判断

齿面破坏形式	齿轮破坏情况与特征
磨光	可用肉眼直接观察出比新齿面光滑。特征：齿面加工交叉磨纹逐渐平滑。粗糙度减小
划痕	在齿面的滑动方向出现细线。细线不从齿顶延伸到齿根。特征：交叉磨纹未消失、粗糙度基本不变
擦伤	擦伤和划痕滑动方向相同，呈线状或带状，有轻、中、深程度之分。特征：擦伤的沟槽从齿顶延伸到齿根。粗糙度增大，擦伤处交叉磨纹消失
胶合	胶合呈线带状，或全齿面胶合。特征：胶合处形貌模糊。粗糙度比交叉磨纹粗而深得多

本表列出：在 CL-100 齿轮机上，试验后齿面常见的几种典型破坏形式(见图 4~11)。用目测法检查齿面，观察距离为 25cm 左右，评定与原始齿面的变化

7.7 在高载荷级运转 15min 后，如试样温度超过 93℃ 时，在进行下一载荷级试验前，应进行冷却使试样温度降至 90℃ ± 3℃。

7.8 试验一直进行至失效载荷级出现为止。如果试验做到第 12 级载荷，齿面仍未发生破坏，试验也不再进行。

7.9 失效载荷级是指齿轮从正常磨损进入高度磨损的载荷级。根据小齿轮的齿面上开始出现擦伤或胶合线、擦伤或胶合带、大面积或全齿面擦伤或胶合来决定。

7.10 在给定的载荷级运转后，如 9 级齿面未破坏，10 级小齿轮齿面上出现：轻擦伤线带(图 6)、擦伤带(图 7)、擦伤与胶合带(图 8)，若将小齿轮 16 个齿面上出现的擦伤与胶合相加的总宽等于或大于一个齿面宽，10 级就作为失效载荷级。如果小于一个齿面宽，就继续进行下一级载荷试验。

7.11 进行下一级载荷试验后(如 11 级)，擦伤或胶合面宽度增加，总计小齿轮 16 个齿面上出现的擦伤或胶合的宽度等于或大于一个齿面宽，或某一齿面出现图 9、10、11 所示的大面积或全齿面擦伤与胶合时，则把前一级 10 级作为失效载荷级。

7.12 如按 7.10 条所述增加一级载荷进行试验后，仍未达到失效级，小齿轮齿面的擦伤和胶合无明显增加，即 10 级可以忽略，继续进行更高一级载荷试验，直至出现 7.11 条的现象为止。

7.13 试验结束后，在卸齿轮前必须先卸载荷，否则会损坏试验装置。

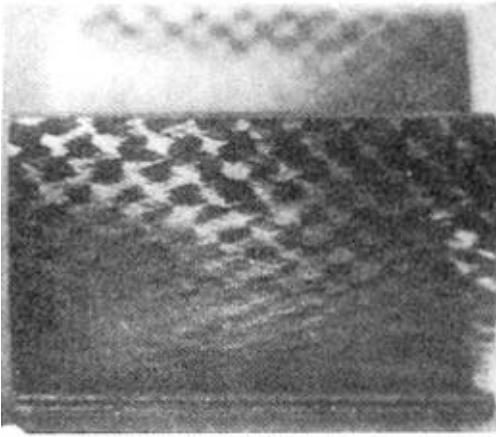


图4 原始齿面

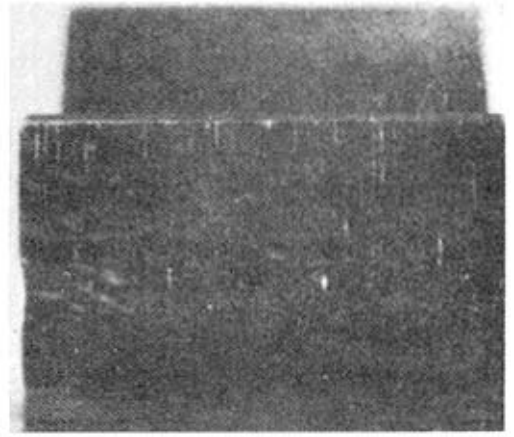


图5 划痕

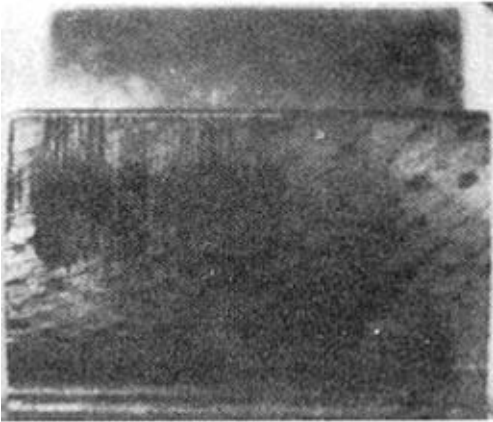


图6 轻擦伤线，带

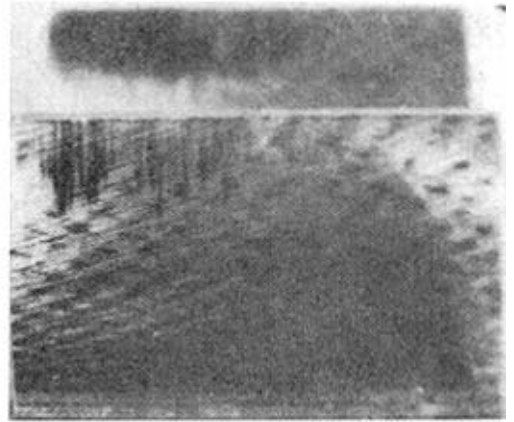


图7 擦伤带

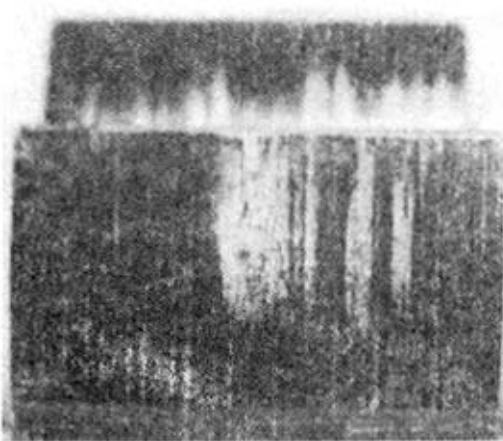


图8 擦伤带与胶合带

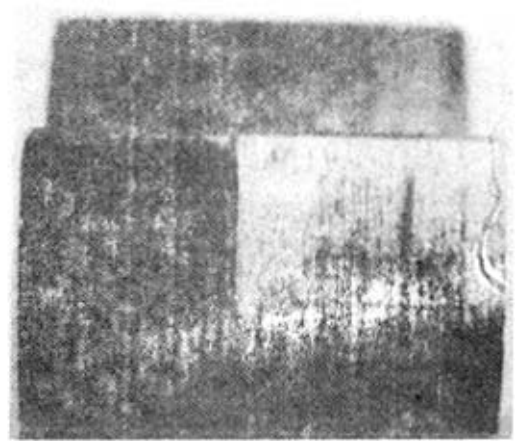


图9 大面积胶合

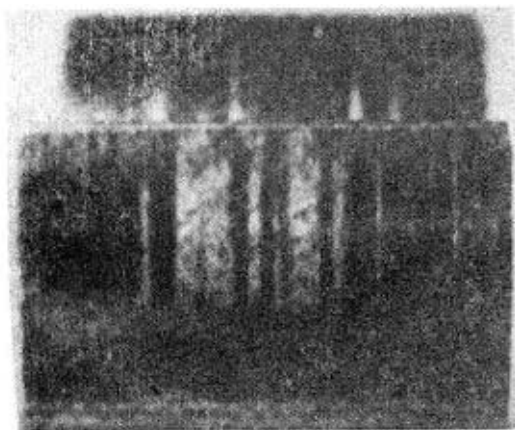


图 10 全齿面胶合与擦伤

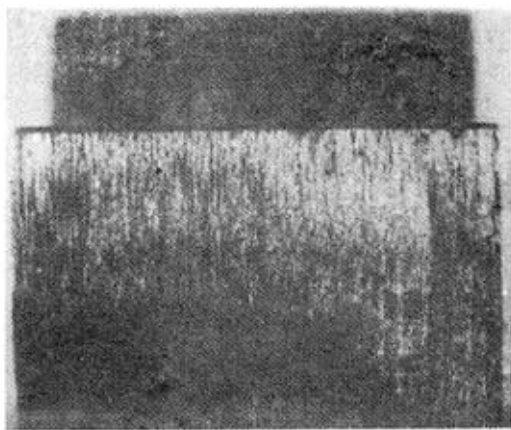


图 11 全齿面胶合

## 8 精密度

按下述规定判断试验结果的可靠性(95%置信水平)。

- 8.1 重复性：同一操作者在同一台试验装置上，重复测定的两个结果之差，不应大于一个载荷级，并以小值作为试验结果。
- 8.2 再现性：两个试验室对同一试样得出的两个结果之差，不应大于两个载荷级。

## 9 报告

试验报告应注明试验方法：SH/T 0306。

试验条件：A/8.3/90，和试验结果：××级失效。

实例 CL-100 齿轮机试验

- a. 试验方法：SH/T 0306
- b. 试验条件：A/8.3/90
- c. 试验结果：××级载荷失效

报告人：

审核人：

年 月 日

注：试验条件：A/8.3/90 这里 A 表示符合附录 A 的“A”型试验齿轮的参数。8.3 是指小齿轮的节圆速度(m/s)。90 是指试验齿轮箱的试样初始温度(℃)。

## 附录 A

国产 QCL-003 型、联邦德国 FZG“A”型试验齿轮的参数  
(补充件)

表 A1 国产 QCL-003 型、联邦德国 FZG“A”型试验齿轮参数

名称	符号	数值	单位
中心距	$a_b$	91.5	mm
实际齿宽	$b$	20	mm
节圆直径	小齿轮 $d_{b1}$	73.2	mm
	大齿轮 $d_{b2}$	109.8	mm
外圆直径	小齿轮 $d_{k1}$	88.77	mm
	大齿轮 $d_{k2}$	112.5	mm
模数	$m$	4.5	mm
变位系数	小齿轮 $X_1$	0.8635	
	大齿轮 $X_2$	-0.5	
齿数	小齿轮 $Z_1$	16	个
	大齿轮 $Z_2$	24	个
标准压力角	$\alpha_0$	20	度
啮合角	$\alpha_b$	22.5	度
节圆速度	$V$	$0.00383 n_1^{1)}$	m/s
接触长度	小齿轮 $e_1$	14.7	mm
	大齿轮 $e_2$	3.3	mm
最大滑动速度	小齿轮 $VG_1$	$0.67V$	m/s
	大齿轮 $VG_2$	$0.16V$	m/s
齿面压力	小齿轮 $P_{K1}$	$5.96 \sqrt{P^2}$	$N/mm^2$
	大齿轮 $P_{K2}$	$4.96 \sqrt{P^2}$	$N/mm^2$
齿面平均粗糙度	$R_a$	$0.4 \sim 0.6$	$\mu m$

注：1)  $n_1$ ：是小齿轮转数(r/min)。

2)  $P$ ：是按本标准表 2 中的齿面载荷。

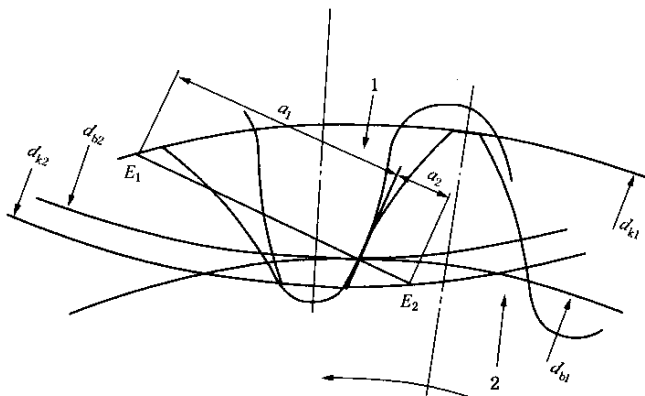


图 A1 “A”型试验齿轮齿形图(符号见表 A1)

1—大齿轮；2—小齿轮

**附录 B**  
**CL-100 或 FZG 齿轮机试验记录**  
(补充件)

试验方法: SH/T 0306

选样单位:

试样名称:

试验编号:

试验条件: A/8.3/90

联系人:

齿轮号面:

载荷级	扭矩盘刻度/mm		试验油温/℃		电动机累计 转数/(r/15min)	齿面破坏情况
	开始	终止	开始	终止		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
失效载荷级						

操作人:

审核人:

年 月 日

**附加说明:**

本标准由石油化工科学研究院技术归口。

本标准由石油化工科学研究院负责起草。

本标准主要起草人汝承贵。

本标准参照采用英国石油学会标准 IP 334—80《润滑剂承载能力测定法》。