

金属材料滚动接触疲劳试验方法

Metallic materials—Rolling contact fatigue test

金属材料滚动接触疲劳试验是一种模拟轴承、齿轮、轧辊、轮箍等滚动接触零件工况的失效试验。它可为这些零件的设计、选材、制订冷、热加工工艺提供依据。

1 主题内容与适用范围

本标准规定了金属材料滚动接触疲劳试验方法的试验原理、术语定义、试验机、试样、试验方法、数据处理、试验结果数值的修约和试验报告。

本标准适用于测定金属材料滚动接触疲劳性能。

2 引用标准

GB 230 金属洛氏硬度试验方法

GB 443 机械油

GB 8170 数字修约规则

3 试验原理

将一恒载荷施加于滚动或滚动加滑动接触的试样，使其接触表面受到循环接触应力的作用，测定试样发生接触疲劳失效的应力循环次数。

4 术语定义

4.1 接触应力：接触物体之间集中于局部接触区的相互压力而产生的应力（亦称赫兹应力）。

4.2 接触疲劳：材料在循环接触应力作用下，产生局部永久性累积损伤，经一定循环次数后，接触表面发生麻点、浅层或深层剥落的过程。

4.3 接触疲劳寿命：试样接触表面在循环接触应力作用下直至疲劳失效时所经受的应力循环次数。

4.4 特征寿命：服从威布尔分布，失效概率为63.2%时的子样接触疲劳寿命。

4.5 额定寿命：服从威布尔分布，失效概率为10%时的子样接触疲劳寿命。

4.6 中值寿命：服从威布尔分布，失效概率为50%时的子样接触疲劳寿命。

4.7 斜率参数：服从威布尔分布， $\ln \ln \left[\frac{1}{1 - P(N)_S} \right]$ 对 $\ln \left(\frac{N}{V_S} \right)$ 或 $\lg \lg \left[\frac{1}{1 - P(N)_S} \right]$ 对 $\lg \left(\frac{N}{V_S} \right)$ 直线的斜率。它表示接触疲劳寿命的离散程度或试样接触疲劳寿命的稳定性。

4.8 滑差率：陪试件滚动速度与试样滚动速度之差与陪试件滚动速度之比的百分率。

4.9 N 次循环的中值接触疲劳强度：母体的50%能经受 N 次循环的接触应力水平的估计值。

5 试验机

5.1 安装条件：试验机应安装在无冲击、无强烈振动、无腐蚀的干燥试验室内。试验机安装水平度应在0.5/1 000以内。

5.2 技术要求

- 5.2.1 试样、陪试件轴线在铅垂平面内，平行度应不大于0.02mm。
- 5.2.2 试样、陪试件轴线在水平平面内，平行度应不大于0.02mm。
- 5.2.3 主轴在安装试样和陪试件位置处的径向跳动量应不大于0.01mm，端面跳动量应不大于0.01mm。
- 5.2.4 静态载荷误差应不大于±1%。
- 5.2.5 试验机迁移安装、更换主轴或轴承后应按照5.1条和5.2.1~5.2.4进行校验。不更换主轴或轴承，其载荷系统每年校验一次。特殊情况随时抽查，超差者应及时修复。
- 5.2.6 试验机应配备自动停机装置，试样发生疲劳失效时能及时自动报警停机，无误停和滞停现象，试样疲劳点的检测灵敏度可调。
- 5.2.7 计数器和计时器应准确可靠。

5.3 润滑

- 5.3.1 试验机的轴承、齿轮和试样，应采用符合GB 443规定的20号机油，如有特殊要求，可采用其他符合零件工况的润滑油进行循环润滑。
- 5.3.2 试验过程中试样润滑出口油温不应超过55℃。对油温有特殊要求且具备设备条件的，油温应予以控制，其偏差应在±4℃以内。
- 5.3.3 润滑油应定期抽样进行粘度、机械杂质和水分检查，不符合技术条件要求者不应继续使用。应严防灰尘及金属杂质和水分进入润滑油及润滑系统。试验连续工作，每半年至少换油一次；间断工作，每年至少换油一次。

6 试样、陪试件

6.1 试样、陪试件形状与尺寸

6.1.1 推荐的试样和陪试件的形状和尺寸见表1和图1~图6。可根据试验目的和试验机类型进行选用。建议JP-1号和JP-2号试样用于点接触的试验；JP-3号和JP-4号试样用于线接触的试验。

表 1

试 样		陪 试 件		适用试验机 型 号
试 样 号	接触方式	陪试件号	形 状	
JP-1 (图1) JP-2 (图2) JP-3 (图3)	点接触 点接触 线接触	PS-1 (图5)	圆柱形	JPM-1
JP-4 (图4)	线接触	PS-2 (图6)	圆盘形	JP-BD1500

- 6.1.2 亦可根据试验目的和试验机类型另行设计试样和陪试件。
- 6.1.3 对比试验应采用形状、尺寸和表面粗糙度相同的试样和陪试件。

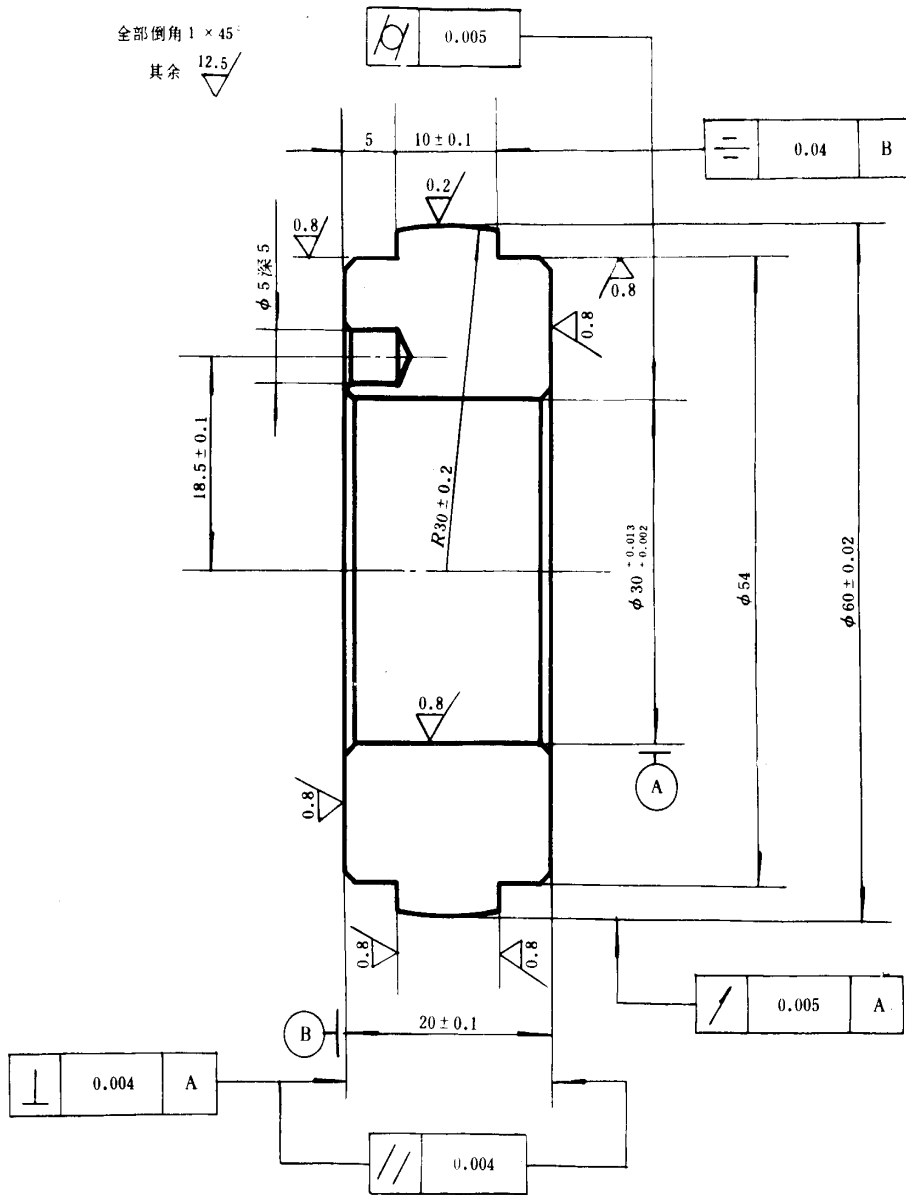


图 1 JP-1号试样

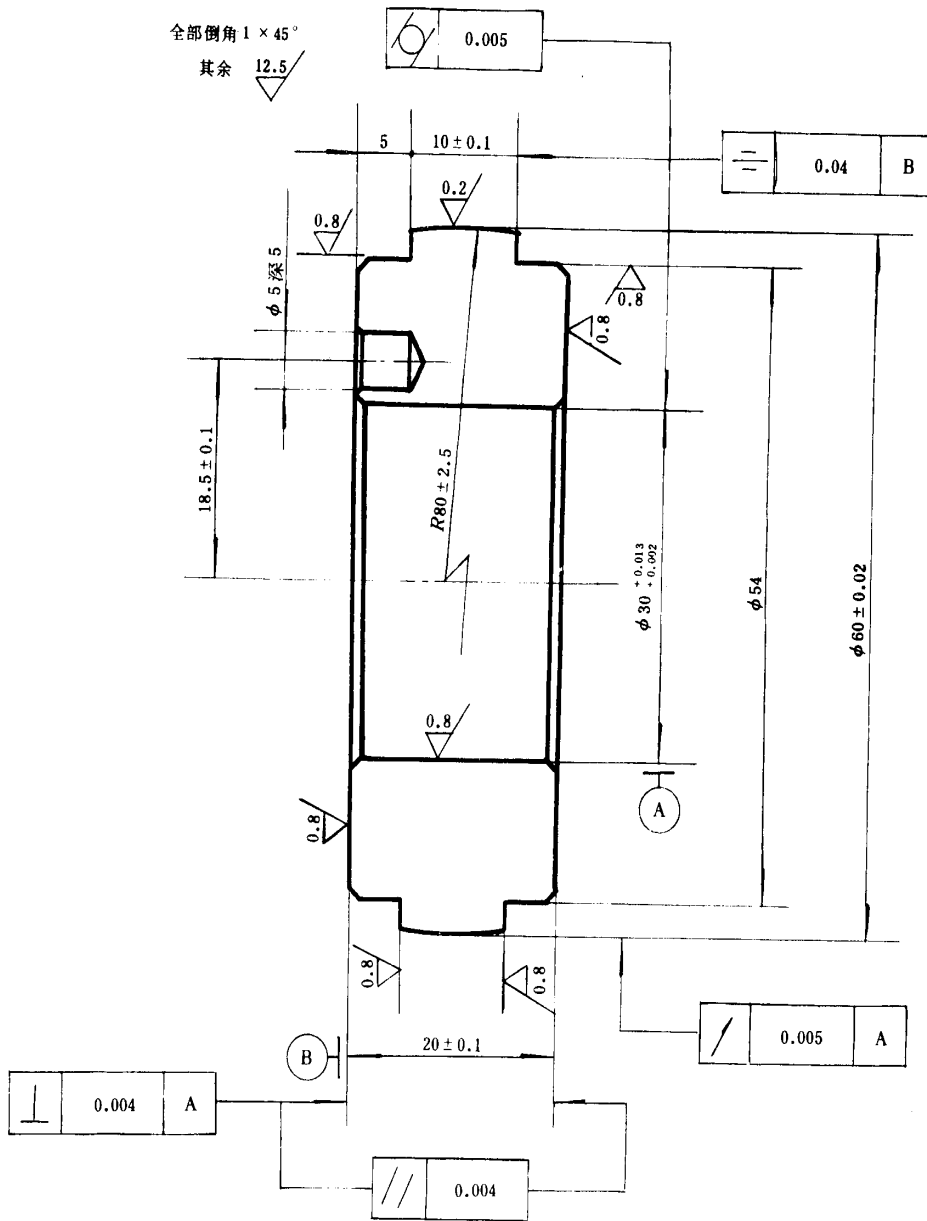


图 2 JP-2号试样

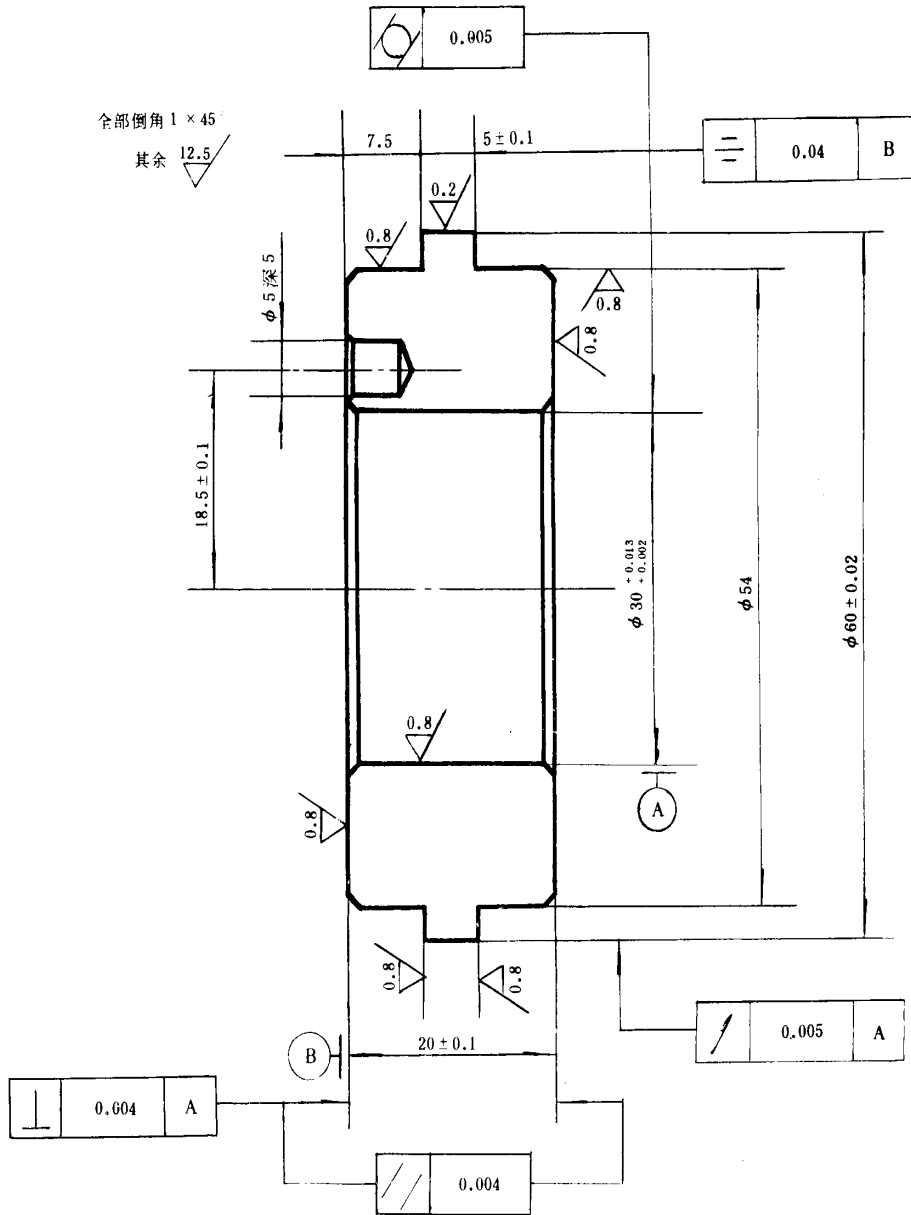


图 3 JP-3号试样

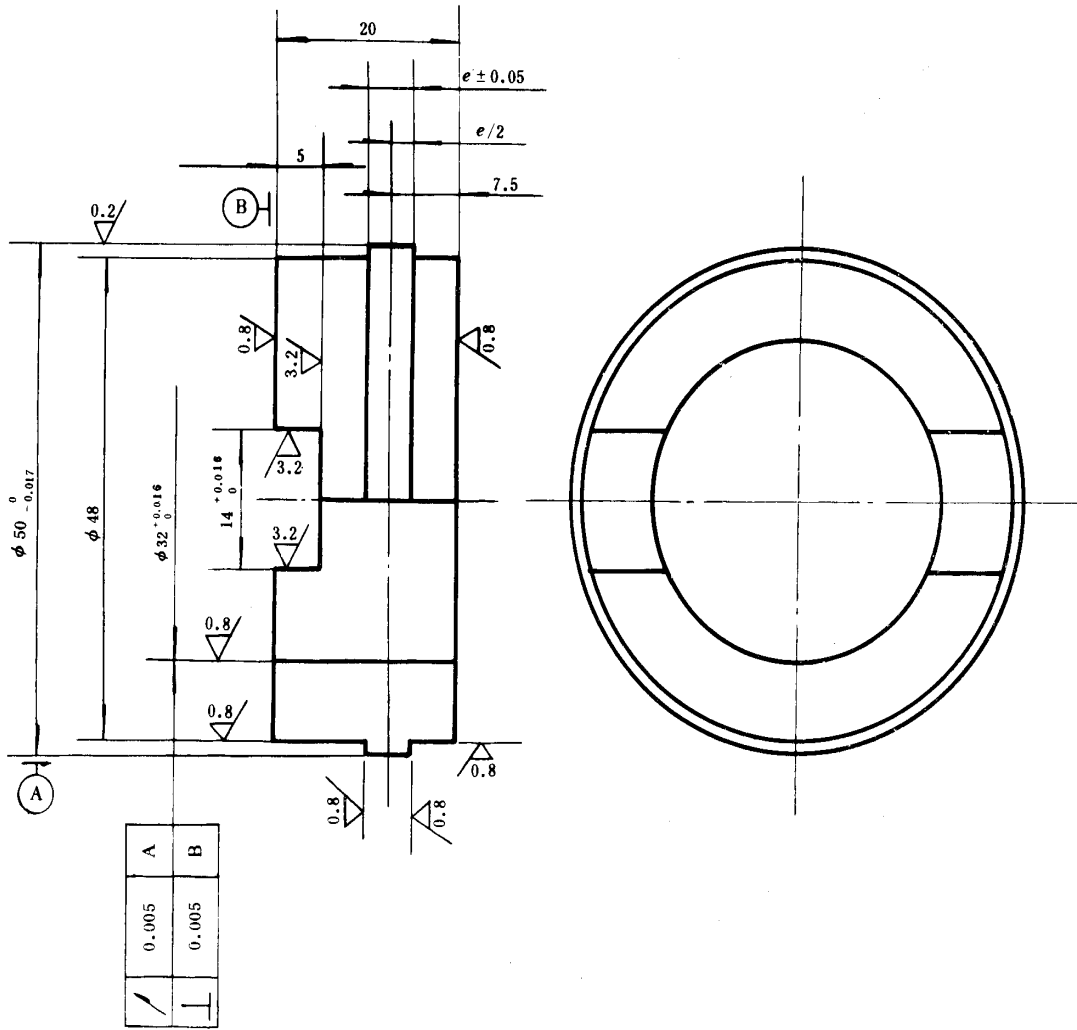


图 4 JP - 4号试样

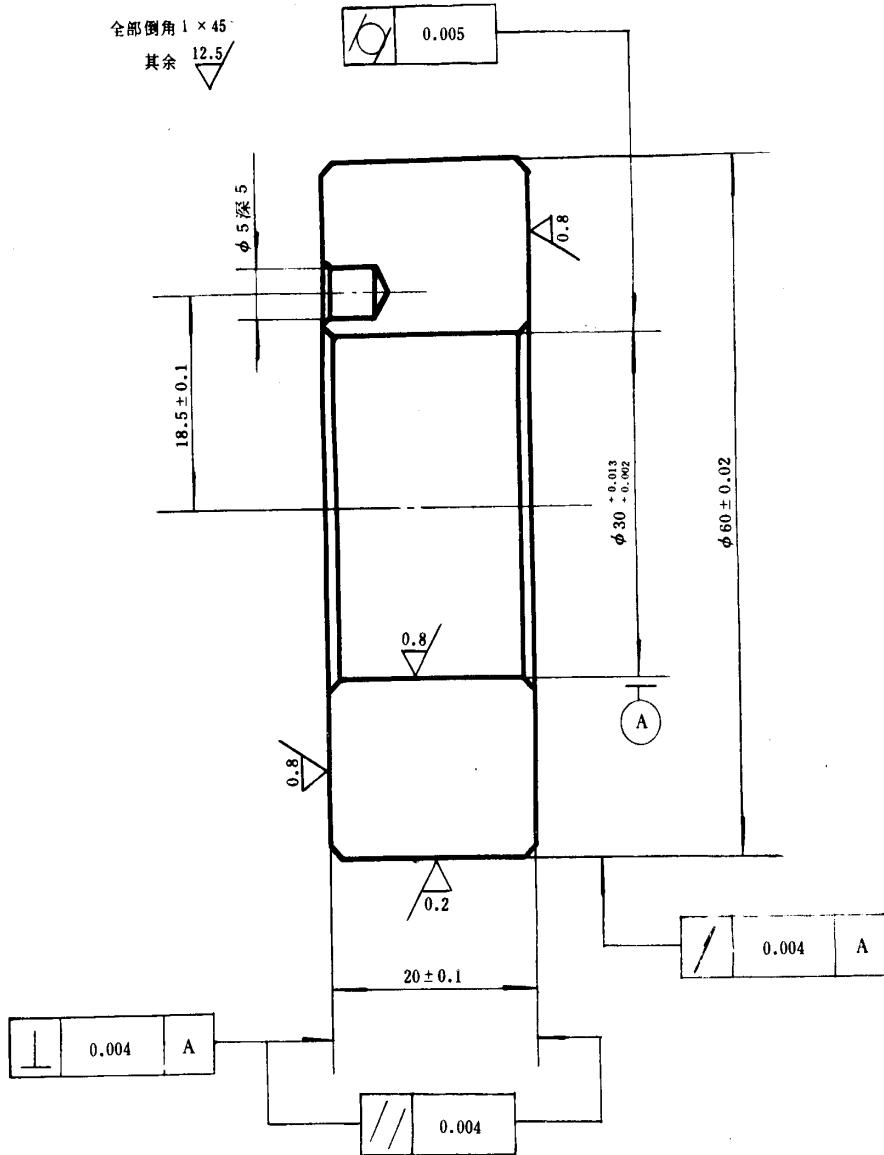


图 5 PS - 1 号陪试件

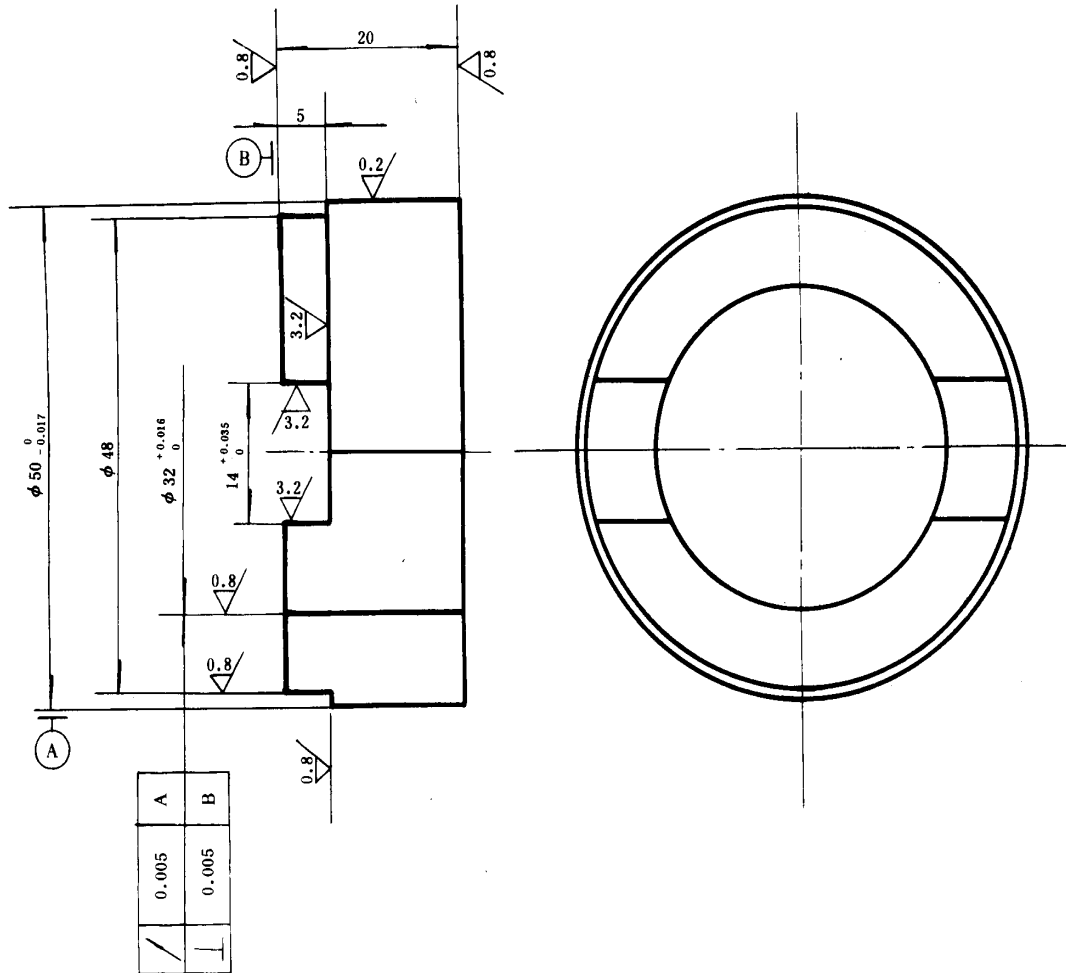


图 6 PS-2号陪试件

6.2 试样和陪试件的制备

6.2.1 选材

试验材料要进行检验,必须符合有关标准要求。不同工艺的对比试验,应采用同一炉号同一批次,同一规格的材料;不同材料的对比试验,应采用同一规格或接近相应规格的材料。陪试件的材料及技术条件要求应与试样材料的相同,特殊情况可根据试验目的确定。

6.2.2 机加工

机加工试样和陪试件的工序,一般先进行粗车,精车,然后毛坯热处理(根据不同材料及要求而定),再进行粗磨和精磨。

6.2.3 热处理

6.2.3.1 试样、陪试件按有关标准或协议要求进行热处理。

6.2.3.2 硬度大于等于40HRC情况,同一批试样、陪试件的硬度差应不大于2HRC,同一试样、陪试件本身的硬度差应不大于1.5HRC,组与组之间的试样、陪试件的硬度差可根据试验目的确定。低硬度(小于40HRC)情况,可根据试验要求确定硬度差的允许范围。

6.2.4 试样、陪试件的检验

6.2.4.1 尺寸精度

试样的内直径、外直径、球面（或凸度）半径和陪试件的内直径、外直径均百分之百检查。形位公差抽检20%。必须均符合技术条件要求。

6.2.4.2 表面粗糙度

将同一批机加工的试样和陪试件随机地抽检30%或按附录B的规定抽检。如发现不合格者，则该批试样和陪试件必须全部检查。

6.2.4.3 表面缺陷

用5倍放大镜对试样和陪试件的工作表面和定位面进行百分之百检查，不得有压痕、划伤、锈蚀、烧伤和裂纹等缺陷。

6.2.4.4 硬度

将尺寸精度和表面质量合格的试样和陪试件进行百分之百硬度检验。每个试样和陪试件均在非定位端面每隔120°角的方向上进行测试，其硬度应符合6.2.3.1和6.2.3.2规定的要求。硬度的测定方法按照GB 230。

6.2.5 试样和陪试件应采取防锈措施，存放于无腐蚀介质的室温环境中。

7 试验方法

7.1 参数的选择与计算

7.1.1 试验应力的选择

7.1.1.1 同一应力水平下的对比试验，试验应力应选择偏于零件实际工作应力范围的上限。对于轴承钢、渗碳钢及其他高强度材料，推荐：JP-1号试样的接触应力选择5000 N/mm²左右；JP-2号试样的接触应力选择3500 N/mm²左右；JP-3号和JP-4号试样的接触应力选择2500 N/mm²左右。低强度钢和软表面试样的试验应力需根据材料实际强度调试确定。

7.1.1.2 测定P-S-N曲线的试验应力，应在零件实际工作应力范围内选择4~5级应力水平。最低试验应力应选择实际工作应力的下限，然后逐级上升确定各试验应力。相邻两级应力的级差根据接触方式确定。点接触应力级差宜比线接触的大，点接触的应力级差选择250~400 N/mm²；线接触的应力级差选择180~300 N/mm²为宜。

7.1.2 接触应力的计算

点接触和线接触最大应力分别按公式（1）和（2）计算：

$$\sigma_{\max} = \frac{1}{\pi \cdot \alpha \cdot \beta} \cdot \sqrt[3]{\frac{3}{2} \cdot \frac{F(\sum \rho)^2}{\left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2}\right)^2}} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\sigma_{\max} = \sqrt{\frac{F(\sum \rho)}{\pi \cdot L \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2}\right)}} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中： σ_{\max} ——最大接触应力，N/mm²；

π ——常数，取3.1416；

α 、 β ——点接触变形系数；

F ——施加于试样上的载荷，N；

μ_1 ——试样的泊松比；

μ_2 ——陪试件的泊松比；

E_1 ——试样的弹性模量，N/mm²；

E_2 ——陪试件的弹性模量，N/mm²；

L ——试样接触长度，mm；

ρ ——试样与陪试件接触处的主曲率，mm⁻¹；

$\Sigma\rho$ ——试样、陪试件主曲率之和, mm^{-1} 。

$$\begin{aligned}\Sigma\rho &= \rho_{11} + \rho_{12} + \rho_{21} + \rho_{22} \\ &= \frac{1}{R_{11}} + \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_{21}} + \frac{1}{R_{22}}\end{aligned}$$

式中: R_{11} ——试样垂直于滚动方向的曲率半径, mm ;

R_{12} ——试样沿滚动方向的曲率半径, mm ;

R_{21} ——陪试件垂直于滚动方向的曲率半径, mm ;

R_{22} ——陪试件沿滚动方向的曲率半径, mm 。

如试样和陪试件均为钢时, 其泊松比和弹性模量分别取值为0.3和 $2.06 \times 10^5 \text{N/mm}^2$, 则点接触和线接触最大应力分别按公式(3)和(4)计算:

$$\sigma_{\max} = \frac{852.6}{\alpha \cdot \beta} \times \sqrt[3]{F(\Sigma\rho)^2} \dots\dots\dots(3)$$

$$\sigma_{\max} = 189.8 \sqrt{\frac{F(\Sigma\rho)}{L}} \dots\dots\dots(4)$$

公式(1)和(3)中的 α 、 β 值由辅助参数 $\cos\tau$ 决定:

$$\cos\tau = \left| (\rho_{11} - \rho_{12}) + (\rho_{21} - \rho_{22}) \right| / \Sigma\rho$$

根据计算得 $\cos\tau$ 值从附录A中查得相应的 α 、 β 值。

7.1.3 试样接触应力循环次数按公式(5)计算:

$$N = n \cdot t \dots\dots\dots(5)$$

式中: N ——接触应力循环次数;

n ——试样转速, r/min ;

t ——试验时间, min 。

7.1.4 油膜参数的选择和计算

7.1.4.1 油膜参数的选择

对于材料因素的对比试验, 油膜参数推荐 $\lambda > 1.8$, 使试样工作表面处于部分弹流或接近弹流润滑状态。对于考核其他因素的试验, 油膜参数应根据试验目的确定。

7.1.4.2 油膜参数的计算

点接触和线接触的油膜参数分别按公式(6)和(7)计算:

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{h_0}{R_a} \\ &= \frac{1}{R_a} \times 2.04 \phi^{0.74} (\eta_0 B v)^{0.74} R^{0.407} \left(\frac{E'}{F} \right)^{0.074} \dots\dots\dots(6)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{h_0}{R_a} \\ &= \frac{1}{R_a} \times 2.65 \eta_0^{0.7} v^{0.7} B^{0.54} R^{0.43} q^{-0.13} E'^{-0.03} \dots\dots\dots(7)\end{aligned}$$

式中: λ ——油膜参数;

h_0 ——最小油膜厚度, μm ;

R_a ——试样表面综合粗糙度, μm ;

$$R_a = \sqrt{R_{a1}^2 + R_{a2}^2}$$

式中: R_{a1} ——试样表面粗糙度, μm ;

R_{a2} ——陪试件表面粗糙度, μm 。

ϕ ——漏泄修正系数

$$\phi = \left(1 + \frac{2}{3} \times \frac{R_y}{R_x}\right)^{-1}$$

$$\frac{1}{R_x} = \frac{1}{R_{1x}} + \frac{1}{R_{2x}}$$

$$\frac{1}{R_y} = \frac{1}{R_{1y}} + \frac{1}{R_{2y}}$$

式中: R_x ——试样和陪试件垂直于滚动方向的当量曲率半径, mm ;

R_y ——试样和陪试件沿滚动方向的当量曲率半径, mm ;

R_{1x} ——试样垂直于滚动方向的曲率半径, mm ;

R_{2x} ——陪试件垂直于滚动方向的曲率半径, mm ;

R_{1y} ——试样沿滚动方向的曲率半径, mm ;

R_{2y} ——陪试件沿滚动方向的曲率半径, mm 。

η_0 ——大气压下润滑油的粘度, $\text{N}\cdot\text{s}/\text{mm}^2$;

B ——压力系数, mm^2/N ; (按GB 443规定的20号油, 算得 $B = 0.0202 \text{ mm}^2/\text{N}$)

v ——当量滚动速度, mm/s ;

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

式中: v_1 ——试样的滚动速度, mm/s ;

v_2 ——陪试件的滚动速度, mm/s 。

R ——试样与陪试件的综合曲率半径, mm ;

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{1x}} + \frac{1}{R_{1y}} + \frac{1}{R_{2x}} + \frac{1}{R_{2y}}$$

F ——施加于试样上的径向载荷, N ;

E' ——试样和陪试件的综合当量弹性模量, N/mm^2 ;

$$\frac{1}{E'} = \frac{1}{2} \left(\frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2} \right)$$

式中: E_1 ——试样弹性模量, N/mm^2 ;

E_2 ——陪试件弹性模量, N/mm^2 ;

μ_1 ——试样泊松比;

μ_2 ——陪试件泊松比。

q ——单位长度载荷, N/mm ;

$$q = \frac{F}{L}$$

式中: L ——试样接触长度, mm ;

F ——施加于试样的径向载荷, N 。

7.1.5 滑差率的选择

试样和陪试件的滑差率，主要根据零件工作滑差范围进行选择。对于模拟滚动轴承的试验，选用5%的滑差率为宜；对于模拟齿轮等的试验，选用10%~20%左右的滑差率为宜。模拟其他零件的试验，可根据零件实际工况确定恒滑差率或变滑差率。推荐10%的滑差率作为一般试验目的采用。

7.1.6 转速的选择

试验机主轴的转速，应根据试验载荷和试样的滑差率来选择，重载荷大滑差率可选择1500~2000 r/min；轻载荷小滑差率可选择2000~3000 r/min。对于单因素的对比试验，如滑差率为5%，转速可选择3000 r/min；如滑差率为15%左右，转速可选择2000 r/min。其他试验应根据具体情况确定。

7.2 子样容量的选择

7.2.1 筛选试验的子样数量不少于6个。定性比较试验的子样数量不少于12个。

7.2.2 为制订材料标准和改进设计等提供依据的高可靠性（可靠度在90%以上）试验，一般子样数量不少于16个。

7.3 试验方案的选择

7.3.1 筛选试验和定性比较试验，建议测定 $P-N$ 曲线。高可靠度试验，一般需测定 $P-S-N$ 曲线。

7.3.2 测定 $P-N$ 曲线，可以进行完全失效试验，或定数截尾试验，其截尾数量不大于子样数量的20%。按8.1和8.2求得 $P-N$ 曲线。

7.3.3 测定 $P-S-N$ 曲线，一般选取4~5级应力水平，在每一应力水平下按7.3.2测定 $P-N$ 曲线。根据各应力水平下的 $P-N$ 曲线，按8.3求得 $P-S-N$ 曲线。

7.4 N 次循环的中值接触疲劳强度的测定

第一个试样的应力水平应选择略高于预计的中值接触疲劳强度，试验一般在3~5级等间距应力水平下进行，应力增量一般约取预计的中值接触疲劳强度的3%~5%左右。每级应力水平下一般试验两个以上的试样。试验顺序如图7或图8或图9所示。

用下列方法之一处理试验结果所得应力水平即为 N 次循环的中值接触疲劳强度 $\sigma_{R(N)}$ ：

a. 半数试样试验至指定循环数 N 而不失效的最高应力水平。但在比此应力水平低一级的应力水平下，试验至 N 次循环而不失效的试样必须超过半数，见图7和图8。

b. 如果在某级应力水平下，超过半数的试样试验未达 N 次循环已失效，而在比此应力水平低一级的应力水平下，试样试验至 N 次循环而全部不失效时，则上述两级应力水平的平均值确定为 N 次循环的中值接触疲劳强度，见图9。

指定循环数 N ，应根据材料和使用要求确定，一般可取 $N=10^7$ 次。

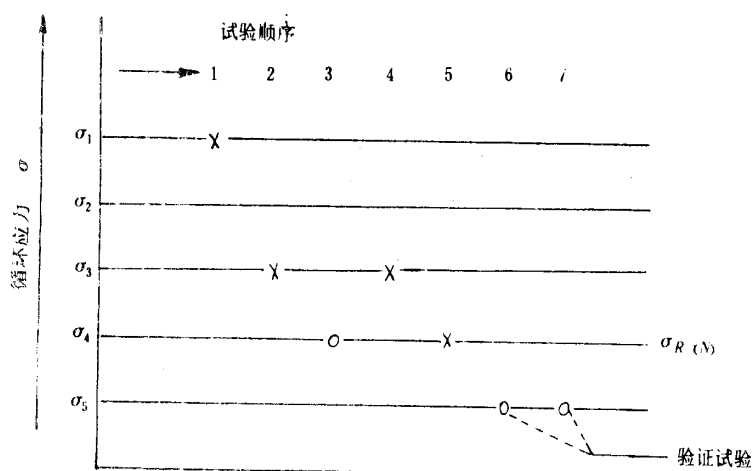


图7 第一种情况的试验顺序

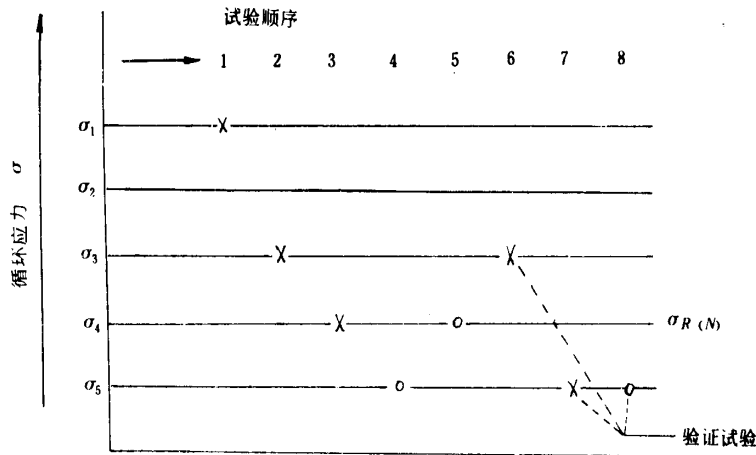


图 8 第二种情况的试验顺序

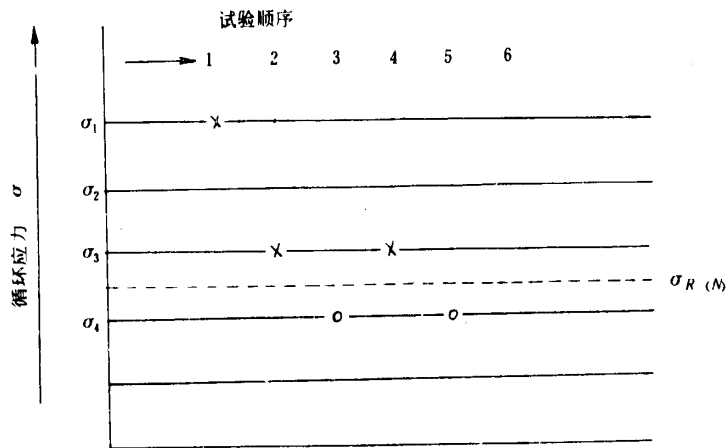


图 9 第三种情况的试验顺序

7.5 试样安装与加载

7.5.1 试样和陪试件在安装前，用煤油将其清洗干净。试样装于上主轴，陪试件装于下主轴。试样与陪试件接触后，在摇摆头的压力下测试样径向跳动量，应不大于0.03 mm。

7.5.2 如试验机的载荷系统为砝码杠杆载荷系统，须把加力一级杠杆调到水平。试样加预载荷后开机，然后施加载荷。不允许带主载荷开机、停机（自动停机除外）。试验过程中应保持载荷恒定。无特殊情况不得中途停试。

7.6 交叉试验

7.6.1 台次交叉：当一组试样在几台试验机上试验时，每台试验机试验的试样数量应相近。

7.6.2 时间交叉：几组试样在同一台试验机上试验时，各组试样的试验次序要按顺序循环进行。

7.6.3 应填写试验原始记录表，其格式可参照附录E。

7.7 疲劳失效的判别

7.7.1 深层剥落面积大于或等于 3 mm²时，即判为疲劳失效。

7.7.2 麻点剥落（集中区），在10 mm²面积内出现麻点率达15%的损伤时，即判为疲劳失效。

7.7.3 特殊试验的疲劳失效判别，可根据试验目的确定。

7.8 试验数据的取舍

7.8.1 有下列情况之一者，试验无效：

- a. 载荷吊杆刀口脱出，杠杆比发生变化，载荷不准。
- b. 陪试件疲劳剥落而损伤了试样表面。
- c. 试样和陪试件互相装错位置。
- d. 振动加剧，试样表面局部有压痕或凹坑。
- e. 润滑不足，试样表面烧伤。
- f. 由于主轴轴承疲劳或主轴变形，发生强烈振动。
- g. 试样或陪试件松动，滑移。
- h. 控制仪器失灵，试样剥落长度大于 5 mm。

7.8.2 有下列情况之一者，分析处理：

- a. 发现计数器失灵，该试样的寿命按计时器的时间计算。
- b. 中途突然停电或仪器误停（即带载荷停机）。
- c. 个别寿命特别长或特别短的试验数据，尤其子样数量较小的情况。

8 数据处理方法

滚动接触疲劳试验数据处理采用两参数威布尔分布函数，其参数估计采用最大似然（ML）方法，或采用最佳线性不变估计（BLIE）方法。 $P-S-N$ 曲线参数估计采用最小二乘法。

8.1 两参数威布尔分布函数：

$$P(N)_S = 1 - e^{-\left(\frac{N}{V_S}\right)^b} \dots\dots\dots (8)$$

其对数形式：

$$\ln \ln \left[\frac{1}{1 - P(N)_S} \right] = b (\ln N - \ln V_S) \dots\dots\dots (9)$$

或

$$\lg \lg \left[\frac{1}{1 - P(N)_S} \right] = b (\lg N - \lg V_S) - 0.36222 \dots\dots\dots (10)$$

式中： $P(N)_S$ ——表示在某一试验应力水平 S 下，试样寿命小于 N 的概率，%；

b ——威布尔分布的斜率参数；

N ——试样寿命，次；

V_S ——威布尔分布的特征寿命，次；

e ——自然对数的底，取2.718 28。

通过数据处理，确定出子样寿命分布的两参数 b 和 V_S ，据此对试样材料母体寿命分布作出估计。

子样数量为 n ，经试验后获得的实际寿命为：

完全失效试验

$$N_1 < N_2 < N_3 < \dots < N_i < \dots < N_n$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n$$

定数截尾试验

$$N_1 < N_2 < N_3 < \dots < N_i < \dots < N_r$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, r$$

对于完全失效试验和定数截尾试验，按公式（11）计算累积失效概率 $P(N_i)$ ：

$$P(N_i) = \frac{i}{n+1} \dots\dots\dots (11)$$

8.2 滚动接触疲劳寿命的威布尔分布参数 b 和 V_S 的估计：

8.2.1 最大似然方法

8.2.1.1 完全失效试验, 按公式 (12) 或 (13) 计算:

$$\left. \begin{aligned} & \frac{\sum_{i=1}^n N_i^b \ln N_i}{\sum_{i=1}^n N_i^b} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln N_i - \frac{1}{b} = 0 \\ & V_S = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i^b \right]^{1/b} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

或

$$\left. \begin{aligned} & \frac{\sum_{i=1}^n N_i^b \lg N_i}{\sum_{i=1}^n N_i^b} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg N_i - \frac{0.434\ 29}{b} = 0 \\ & V_S = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i^b \right]^{1/b} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (13)$$

8.2.1.2 定数截尾试验, 按公式 (14) 或 (15) 计算:

$$\left. \begin{aligned} & \frac{\sum_{i=1}^r N_i^b \ln N_i + (n-r) N_r^b \ln N_r}{\sum_{i=1}^r N_i^b + (n-r) N_r^b} - \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \ln N_i - \frac{1}{b} = 0 \\ & V_S = \left\{ \frac{1}{r} \left[\sum_{i=1}^r N_i^b + (n-r) N_r^b \right] \right\}^{1/b} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (14)$$

或

$$\left. \begin{aligned} & \frac{\sum_{i=1}^r N_i^b \lg N_i + (n-r) N_r^b \lg N_r}{\sum_{i=1}^r N_i^b + (n-r) N_r^b} - \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \lg N_i - \frac{0.434\ 29}{b} = 0 \\ & V_S = \left\{ \frac{1}{r} \left[\sum_{i=1}^r N_i^b + (n-r) N_r^b \right] \right\}^{1/b} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (15)$$

当 $r=n$ 时, 即为完全失效试验。

8.2.1.3 修偏系数

斜率参数 b 的最大似然估计值应按公式 (16) 进行修正偏差, 其修偏系数 g 从附录 C 中查得:

$$b = g \cdot \hat{b} \dots\dots\dots (16)$$

式中: \hat{b} ——修偏前斜率参数的估计值。

8.2.2 最佳线性不变估计

8.2.2.1 完全失效试验, 按公式 (17) 或 (18) 计算:

$$\left. \begin{aligned} b &= \frac{1}{\sum_{i=1}^n C_1(n, r, i) \ln N_i} \\ \ln V_S &= \sum_{i=1}^n D_1(n, r, i) \ln N_i \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(17)$$

或

$$\left. \begin{aligned} b &= \frac{1}{2.3026 \sum_{i=1}^n C_1(n, r, i) \lg N_i} \\ \lg V_S &= \sum_{i=1}^n D_1(n, r, i) \lg N_i \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(18)$$

8.2.2.2 定数截尾试验, 按公式 (19) 或 (20) 计算:

$$\left. \begin{aligned} b &= \frac{1}{\sum_{i=1}^r C_1(n, r, i) \ln N_i} \\ \ln V_S &= \sum_{i=1}^r D_1(n, r, i) \ln N_i \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(19)$$

或

$$\left. \begin{aligned} b &= \frac{1}{2.03026 \sum_{i=1}^r C_1(n, r, i) \lg N_i} \\ \lg V_S &= \sum_{i=1}^r D_1(n, r, i) \lg N_i \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(20)$$

当 $r=n$ 时, 即为完全失效试验。

式中 C_1 和 D_1 为最佳线性不变估计系数, 从附录D中查得。

8.3 用8.2.1或8.2.2得到的斜率参数 b 和特征寿命 V_S 的估计值, 根据公式 (8) 绘出 $P-N$ 曲线, 并将试验数据点亦绘于曲线图上。见图10。

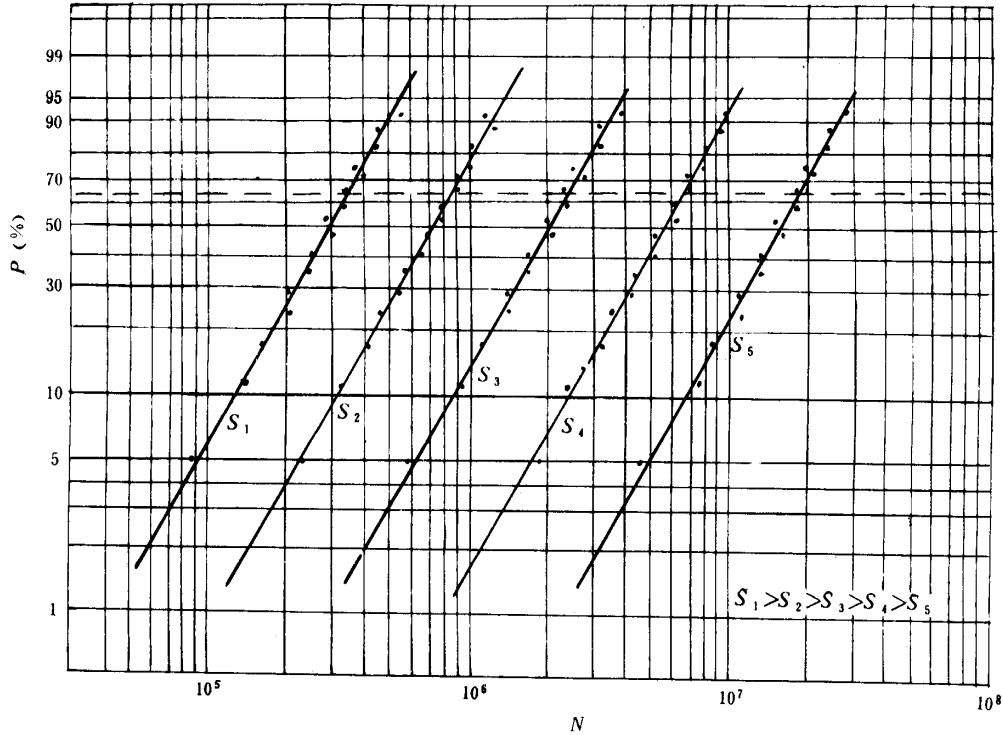


图 10 P-N曲线

8.4 用8.2.1或8.2.2得到的斜率参数 b 和特征寿命 V_S 的估计值,按公式(21)和(22)分别计算额定寿命 L_{10} 和中值寿命 L_{50} :

$$L_{10} = V_S (0.10536)^{1/b} \dots\dots\dots(21)$$

$$L_{50} = V_S (0.69315)^{1/b} \dots\dots\dots(22)$$

8.5 P-S-N曲线的参数估计

滚动接触疲劳试验应力 S 与试样寿命 N 之间有如下函数关系。

$$N = CS^{-m} \dots\dots\dots(23)$$

其对数形式为:

$$\ln S = -\frac{1}{m} \ln N + \frac{1}{m} \ln C \dots\dots\dots(24)$$

或

$$\lg S = -\frac{1}{m} \lg N + \frac{1}{m} \lg C \dots\dots\dots(25)$$

式中 C 和 m 为试验待定参数。确定参数 C 和 m 的步骤如下:

- a. 根据8.1条和8.2条计算得各试验应力下的等概率寿命,得到 n 组数据对 (X_i, Y_i) 。
- b. 用最小二乘法确定参数 C 和 m 。按公式(26)或(27)计算:

$$\left. \begin{aligned} -\frac{1}{m} &= \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \\ \frac{1}{m} \ln C &= \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n Y_i + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n X_i) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (26)$$

式中: $X_i = \ln N_i$;
 $Y_i = \ln S_i$;
 n ——数据对的数目。

或

$$\left. \begin{aligned} -\frac{1}{m} &= \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \\ \frac{1}{m} \lg C &= \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n Y_i + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n X_i) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (27)$$

式中: $X_i = \lg N_i$;
 $Y_i = \lg S_i$;
 n ——数据对的数目。

c. 分别对各种失效概率求出相应的参数 C 和 m , 即可确定各种等概率试验应力与试样寿命的关系式, 绘出相应的 $P-S-N$ 曲线。见图 11。

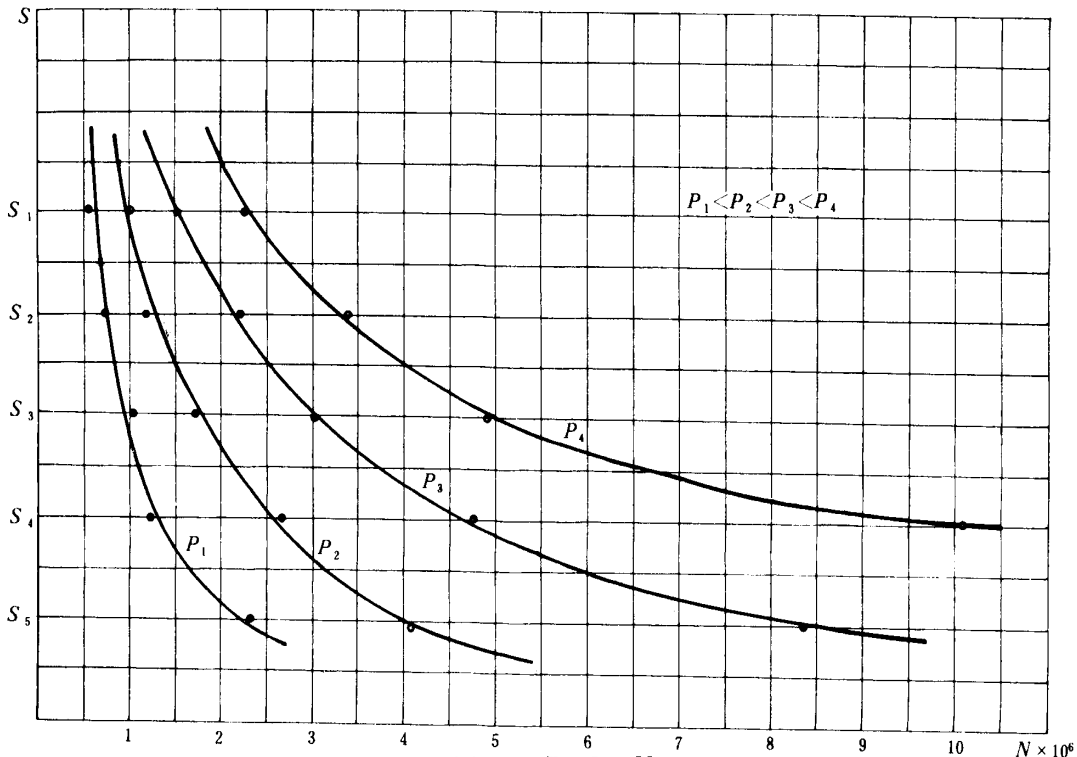


图 11 $P-S-N$ 曲线

9 试验结果数值的修约

接触疲劳寿命的计算结果数值保留 4 位有效数字；失效概率、斜率参数、 N 次循环的中值接触疲劳强度的计算结果数值保留 3 位有效数字。有效数字以后的数字应进行修约，修约的方法按照 GB 8170 进行。

10 试验报告

试验报告应包括下列内容：

- a. 试验材料的原始状态：牌号、供货状态、炉号、规格等；
- b. 热处理工艺；
- c. 试样与陪试件的状态：形状与尺寸、表面粗糙度、硬度等；
- d. 试验条件：试验机型号、转速、接触应力、滑差率、润滑等；
- e. 测定的接触疲劳性能结果：斜率参数 b 、特征寿命 V_S 、额定寿命 L_{10} 、中值寿命 L_{50} 、 N 次循环的中值接触疲劳强度、 $P-N$ 曲线、 $P-S-N$ 曲线等；
- f. 数据处理方法。

试验报告的格式可参照附录 F。

附录 A
点接触的系数
(补充件)

$\cos\tau$	α	β	$\alpha\beta$	$\cos\tau$	α	β	$\alpha\beta$
0.9995	23.95	0.163	3.91	0.9855	6.74	0.307	2.07
0.9990	18.53	0.185	3.43	0.9850	6.64	0.310	2.06
0.9985	15.77	0.201	3.17	0.9845	6.55	0.312	2.04
0.9980	14.25	0.212	3.02	0.9840	6.47	0.314	2.03
0.9975	13.15	0.220	2.89	0.9835	6.40	0.316	2.02
0.9970	12.26	0.228	2.80	0.9830	6.33	0.317	2.01
0.9965	11.58	0.235	2.72	0.9825	6.26	0.319	2.00
0.9960	11.02	0.241	2.65	0.9820	6.19	0.321	1.99
0.9955	10.53	0.246	2.59	0.9815	6.12	0.323	1.98
0.9950	10.15	0.251	2.54	0.9810	6.06	0.325	1.97
0.9945	9.77	0.256	2.50	0.9805	6.00	0.327	1.96
0.9940	9.46	0.260	2.46	0.9800	5.94	0.328	1.95
0.9935	9.17	0.264	2.42	0.9795	5.89	0.330	1.94
0.9930	8.92	0.268	2.39	0.9790	5.83	0.332	1.93
0.9925	8.68	0.271	2.36	0.9785	5.78	0.333	1.92
0.9920	8.47	0.275	2.33	0.9780	5.72	0.335	1.92
0.9915	8.27	0.278	2.30	0.9775	5.67	0.336	1.91
0.9910	8.10	0.281	2.28	0.9770	5.63	0.338	1.90
0.9905	7.93	0.284	2.25	0.9765	5.58	0.339	1.89
0.9900	7.76	0.287	2.23	0.9760	5.53	0.340	1.88
0.9895	7.62	0.289	2.21	0.9755	5.49	0.342	1.88
0.9890	7.49	0.292	2.19	0.9750	5.44	0.343	1.87
0.9885	7.37	0.294	2.17	0.9745	5.39	0.345	1.86
0.9880	7.25	0.297	2.15	0.9740	5.35	0.346	1.85
0.9875	7.13	0.299	2.13	0.9735	5.32	0.347	1.85
0.9870	7.02	0.301	2.11	0.9730	5.28	0.349	1.84
0.9865	6.93	0.303	2.10	0.9725	5.24	0.350	1.83
0.9860	6.84	0.305	2.09	0.9720	5.20	0.351	1.83

续表

$\cos r$	α	β	$\alpha\beta$	$\cos r$	α	β	$\alpha\beta$
0.971 5	5.16	0.353	1.82	0.926	3.51	0.431	1.51
0.971 0	5.13	0.354	1.81	0.924	3.47	0.433	1.50
0.970 5	5.09	0.355	1.81	0.922	3.43	0.436	1.50
0.970 0	5.05	0.357	1.80	0.920	3.40	0.438	1.49
0.969	4.98	0.359	1.79	0.918	3.36	0.441	1.48
0.968	4.92	0.361	1.78	0.916	3.33	0.443	1.47
0.967	4.86	0.363	1.77	0.914	3.30	0.445	1.47
0.966	4.81	0.365	1.76	0.912	3.27	0.448	1.46
0.965	4.76	0.367	1.75	0.910	3.23	0.450	1.45
0.964	4.70	0.369	1.74	0.908	3.20	0.452	1.45
0.963	4.65	0.371	1.73	0.906	3.17	0.455	1.44
0.962	4.61	0.374	1.72	0.904	3.15	0.456	1.44
0.961	4.56	0.376	1.71	0.902	3.12	0.459	1.43
0.960	4.51	0.378	1.70	0.900	3.09	0.461	1.42
0.959	4.47	0.380	1.70	0.895	3.03	0.466	1.41
0.958	4.42	0.382	1.69	0.890	2.97	0.471	1.40
0.957	4.38	0.384	1.68	0.885	2.92	0.476	1.39
0.956	4.34	0.386	1.67	0.880	2.86	0.481	1.38
0.955	4.30	0.388	1.67	0.875	2.82	0.485	1.37
0.954	4.26	0.390	1.66	0.870	2.77	0.490	1.36
0.953	4.22	0.391	1.65	0.865	2.72	0.494	1.35
0.952	4.19	0.393	1.65	0.860	2.68	0.498	1.34
0.951	4.15	0.394	1.64	0.855	2.64	0.502	1.33
0.950	4.12	0.396	1.63	0.850	2.60	0.507	1.32
0.948	4.05	0.399	1.62	0.845	2.56	0.511	1.31
0.946	3.99	0.403	1.61	0.840	2.53	0.515	1.30
0.944	3.94	0.406	1.60	0.835	2.49	0.519	1.29
0.942	3.88	0.409	1.59	0.830	2.46	0.523	1.29
0.940	3.83	0.412	1.58	0.825	2.43	0.526	1.28
0.938	3.78	0.415	1.57	0.820	2.40	0.530	1.27
0.936	3.73	0.418	1.56	0.815	2.37	0.534	1.27
0.934	3.68	0.420	1.55	0.810	2.35	0.537	1.26
0.932	3.63	0.423	1.54	0.805	2.32	0.541	1.26
0.930	3.59	0.426	1.53	0.800	2.30	0.544	1.25
0.928	3.55	0.428	1.52	0.795	2.27	0.548	1.24

续表

$\cos\tau$	α	β	$\alpha\beta$	$\cos\tau$	α	β	$\alpha\beta$
0.790	2.24	0.551	1.23	0.570	1.60	0.680	1.09
0.785	2.22	0.555	1.23	0.560	1.59	0.686	1.09
0.780	2.20	0.558	1.23	0.550	1.57	0.690	1.08
0.775	2.17	0.561	1.22	0.540	1.55	0.696	1.08
0.770	2.15	0.565	1.22	0.530	1.53	0.701	1.07
0.765	2.13	0.568	1.21	0.520	1.52	0.706	1.07
0.760	2.11	0.571	1.21	0.510	1.50	0.712	1.07
0.755	2.09	0.574	1.20	0.500	1.48	0.718	1.06
0.750	2.07	0.577	1.20	0.480	1.46	0.728	1.06
0.745	2.05	0.581	1.19	0.460	1.43	0.738	1.06
0.740	2.04	0.584	1.19	0.440	1.40	0.748	1.05
0.735	2.02	0.587	1.19	0.420	1.38	0.759	1.05
0.730	2.00	0.590	1.18	0.400	1.35	0.770	1.04
0.725	1.98	0.593	1.18	0.380	1.33	0.780	1.04
0.720	1.97	0.596	1.17	0.360	1.31	0.790	1.04
0.715	1.95	0.599	1.17	0.340	1.28	0.801	1.03
0.710	1.94	0.602	1.17	0.320	1.26	0.812	1.02
0.705	1.92	0.605	1.16	0.300	1.24	0.822	1.02
0.700	1.91	0.607	1.16	0.280	1.22	0.833	1.02
0.690	1.88	0.614	1.15	0.260	1.20	0.844	1.01
0.680	1.85	0.620	1.15	0.240	1.19	0.855	1.01
0.670	1.82	0.625	1.14	0.220	1.17	0.866	1.01
0.660	1.80	0.631	1.14	0.200	1.15	0.878	1.01
0.650	1.77	0.637	1.13	0.180	1.13	0.889	1.01
0.640	1.75	0.642	1.12	0.160	1.12	0.901	1.01
0.630	1.73	0.648	1.12	0.140	1.10	0.912	1.00
0.620	1.70	0.653	1.11	0.120	1.09	0.924	1.00
0.610	1.68	0.659	1.11	0.100	1.07	0.938	1.00
0.600	1.66	0.664	1.10	0.050	1.03	0.969	1.00
0.590	1.64	0.670	1.10	0	1	1	1
0.580	1.62	0.675	1.09	—	—	—	—

附录 B
试样（陪试件）抽检数量
（补充件）

批量范围	抽检数量	批量范围	抽检数量
小于9	全检	281~500	80
9~15	5	501~1200	125
16~25	8	1 201~3 200	200
26~50	13	3 201~10 000	315
51~90	20	10 001~35 000	500
91~150	32	35 001以上	800
151~280	50	—	—

附录 C
最大似然估计斜率参数修偏系数表
（补充件）

<i>n</i>	<i>r</i>	<i>g</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>g</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>g</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>g</i>
5	5	0.681	7	4	0.552	9	5	0.641	11	10	0.848
5	4	0.572	8	8	0.815	9	4	0.531	11	9	0.826
5	3	0.406	8	7	0.780	10	10	0.852	11	8	0.795
6	6	0.754	8	6	0.734	10	9	0.826	11	7	0.759
6	5	0.680	8	5	0.664	10	8	0.801	11	6	0.715
6	4	0.557	8	4	0.537	10	7	0.756	11	5	0.649
6	3	0.386	9	9	0.833	10	6	0.715	11	4	0.527
7	7	0.780	9	8	0.811	10	5	0.666	12	12	0.879
7	6	0.731	9	7	0.773	10	4	0.549	12	11	0.861
7	5	0.662	9	6	0.718	11	11	0.866	12	10	0.845

续表

<i>n</i>	<i>r</i>	<i>g</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>g</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>g</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>g</i>
12	9	0.829	15	7	0.741	18	14	0.897	22	8	0.767
12	8	0.801	15	6	0.690	18	13	0.884	22	6	0.666
12	7	0.764	15	5	0.626	18	12	0.866	22	4	0.545
12	6	0.714	15	4	0.499	18	11	0.847	24	24	0.940
12	5	0.644	16	16	0.913	18	10	0.821	24	22	0.931
12	4	0.534	16	15	0.905	18	9	0.801	24	20	0.926
13	13	0.887	16	14	0.899	18	8	0.772	24	18	0.915
13	12	0.872	16	13	0.886	18	7	0.728	24	16	0.887
13	11	0.860	16	12	0.873	18	6	0.687	24	14	0.876
13	10	0.841	16	11	0.859	18	5	0.624	24	12	0.845
13	9	0.821	16	10	0.833	18	4	0.533	24	10	0.816
13	8	0.793	16	9	0.809	20	20	0.933	24	8	0.758
13	7	0.758	16	8	0.776	20	19	0.928	24	6	0.661
13	6	0.714	16	7	0.738	20	18	0.922	24	4	0.525
13	5	0.647	16	6	0.686	20	17	0.914	26	26	0.942
13	4	0.558	16	5	0.607	20	16	0.908	26	24	0.935
14	14	0.892	16	4	0.469	20	15	0.903	26	22	0.929
14	13	0.883	17	17	0.923	20	14	0.891	26	20	0.921
14	12	0.871	17	16	0.916	20	13	0.878	26	18	0.907
14	11	0.853	17	15	0.909	20	12	0.863	26	16	0.891
14	10	0.839	17	14	0.899	20	11	0.845	26	14	0.876
14	9	0.824	17	13	0.886	20	10	0.826	26	12	0.850
14	8	0.793	17	12	0.876	20	9	0.810	26	10	0.820
14	7	0.753	17	11	0.856	20	8	0.781	26	8	0.761
14	6	0.713	17	10	0.838	20	7	0.739	26	6	0.676
14	5	0.649	17	9	0.810	20	6	0.693	26	4	0.548
14	4	0.540	17	8	0.772	20	5	0.610	28	28	0.947
15	15	0.903	17	7	0.735	20	4	0.535	28	26	0.943
15	14	0.894	17	6	0.689	22	22	0.934	28	24	0.939
15	13	0.884	17	5	0.626	22	20	0.926	28	22	0.932
15	12	0.870	17	4	0.537	22	18	0.914	28	20	0.921
15	11	0.852	18	18	0.927	22	16	0.900	28	18	0.908
15	10	0.840	18	17	0.923	22	14	0.885	28	16	0.893
15	9	0.817	18	16	0.916	22	12	0.862	28	14	0.876
15	8	0.789	18	15	0.907	22	10	0.818	28	12	0.853

附录 D
最佳线性不变估计系数
(补充件)

n	r	i	$D_1(n, r, i)$	$C_1(n, r, i)$	n	r	i	$D_1(n, r, i)$	$C_1(n, r, i)$
5	5	1	0.052 975	-0.158 131	8	8	1	0.034 052	-0.093 270
	2		0.103 631	-0.155 707		2		0.053 552	-0.098 886
	3		0.163 808	-0.111 820		3		0.073 452	-0.093 994
	4		0.246 092	-0.005 600		4		0.095 062	-0.079 752
	5		0.433 593	0.431 259		5		0.119 768	-0.053 918
6	6	1	0.044 826	-0.128 810	6			0.149 934	-0.010 179
	2		0.079 377	-0.132 102		7		0.191 236	0.069 325
	3		0.117 541	-0.111 951		8		0.282 043	0.360 675
	4		0.163 591	-0.064 666	9	9	1	0.030 338	-0.081 777
	5		0.226 486	0.031 796		2		0.045 872	-0.087 308
	6		0.368 179	0.405 733		3		0.061 368	-0.085 084
7	7	1	0.038 743	-0.108 323		4		0.077 742	-0.076 470
	2		0.064 086	-0.113 479		5		0.095 769	-0.060 667
	3		0.090 785	-0.103 569		6		0.116 517	-0.035 136
	4		0.120 971	-0.078 748		7		0.141 932	0.006 001
	5		0.157 657	-0.082 632		8		0.176 764	0.078 828
	6		0.207 825	0.054 727		9		0.253 697	0.341 614
	7		0.319 934	0.382 022	10	10	1	0.027 331	-0.072 734

续表

n	r	i	$D_1(n, r, i)$	$C_1(n, r, i)$	n	r	i	$D_1(n, r, i)$	$C_1(n, r, i)$
2			0.040 034	-0.077 971	12	12	1	0.022 771	-0.059 449
3			0.052 496	-0.077 240	2			0.031 776	-0.063 952
4			0.065 403	-0.071 870	3			0.040 408	-0.064 601
5			0.079 263	-0.061 652	4			0.049 122	-0.062 489
6			0.094 638	-0.045 420	5			0.058 175	-0.057 754
7			0.112 414	-0.020 698	6			0.067 800	-0.050 137
8			0.134 239	0.017 927	7			0.078 281	-0.039 010
9			0.164 178	0.085 070	8			0.090 017	-0.023 199
10			0.230 001	0.324 597	9			0.103 664	-0.000 505
11	11	1	0.024 850	-0.065 444	10			0.120 475	0.033 696
2			0.035 459	-0.070 318	11			0.143 566	0.091 751
3			0.045 721	-0.070 456	12			0.193 947	0.295 648
4			0.056 215	-0.067 076	20	8	1	-0.099 621	-0.116 659
5			0.067 261	-0.060 207	2			-0.091 504	-0.118 326
6			0.079 220	-0.049 300	3			-0.084 808	-0.115 255
7			0.092 560	-0.033 156	4			-0.071 993	-0.109 093
8			0.108 034	-0.009 427	5			-0.056 482	-0.100 352
9			0.127 068	0.026 879	6			-0.038 416	-0.089 210
10			0.153 197	0.089 148	7			-0.017 755	-0.075 681
11			0.210 412	0.309 357	8			1.163 585	0.724 575

GB 10622—89

续表

n	r	i	$D_1(n, r, i)$	$C_1(n, r, i)$	n	r	i	$D_1(n, r, i)$	$C_1(n, r, i)$
20	9	1	-0.072 826	-0.102 216			2	-0.034 222	-0.083 625
		2	-0.068 544	-0.104 362			3	-0.028 845	-0.083 028
		3	-0.060 858	-0.102 371			4	-0.022 146	-0.080 373
		4	-0.050 834	-0.097 711			5	-0.014 276	-0.076 014
		5	-0.038 781	-0.090 828			6	-0.005 262	-0.070 070
		6	-0.024 779	-0.081 874			7	0.004 930	-0.062 554
		7	-0.008 798	-0.070 863			8	0.016 382	-0.053 398
		8	0.009 270	-0.057 714			9	0.029 216	-0.042 476
		9	1.316 151	0.707 969			10	0.043 600	-0.029 594
20	10	1	-0.052 900	-0.090 626			11	1.048 347	0.662 168
		2	-0.049 115	-0.093 031	20	12	1	-0.025 922	-0.072 964
		3	-0.042 792	-0.091 837			2	-0.022 589	-0.075 662
		4	-0.034 710	-0.088 309			3	-0.017 879	-0.075 522
		5	-0.025 087	-0.082 842			4	-0.012 183	-0.073 554
		6	-0.013 973	-0.075 573			5	-0.005 600	-0.070 076
		7	-0.001 335	-0.066 511			6	0.001 858	-0.065 197
		8	0.012 921	-0.055 584			7	0.010 227	-0.058 928
		9	0.028 939	-0.042 651			8	0.019 578	-0.051 211
		10	1.178 052	0.686 964			9	0.030 012	-0.041 931
20	11	1	-0.037 716	-0.081 036			10	0.041 668	-0.030 912

GB 10622—89

续表

n	r	i	$D_1(n, r, i)$	$C_1(n, r, i)$	n	r	i	$D_1(n, r, i)$	$C_1(n, r, i)$
		11	0.054 724	-0.017 911			6	0.012 649	-0.056 856
		12	0.926 107	0.633 868			7	0.018 585	-0.052 465
20	13	1	-0.016 619	-0.066 052			8	0.025 109	-0.046 929
		2	-0.013 364	-0.068 809			9	0.032 297	-0.040 154
		3	-0.009 129	-0.069 021			10	0.040 241	-0.031 999
		4	-0.001 170	-0.067 601			11	0.049 069	-0.022 261
		5	0.001 453	-0.064 835			12	0.058 941	-0.010 659
		6	0.007 742	-0.060 825			13	0.070 069	0.003 196
		7	0.014 732	-0.055 581			14	0.700 660	0.566 775
		8	0.022 485	-0.049 051	20	15	1	-0.003 203	-0.054 744
		9	0.031 037	-0.041 132			2	0.000 035	-0.057 513
		10	0.040 654	-0.031 666			3	0.003 690	-0.058 213
		11	0.051 333	-0.020 429			4	0.007 695	-0.057 596
		12	0.063 321	-0.007 116			5	0.012 048	-0.055 899
		13	0.810 474	0.602 120			6	0.016 769	-0.053 209
20	14	1	-0.009 191	-0.060 013			7	0.021 892	-0.049 537
		2	-0.005 961	-0.062 821			8	0.027 467	-0.044 842
		3	-0.002 065	-0.063 307			9	0.033 552	-0.039 043
		4	0.002 348	0.062 329			10	0.040 230	-0.032 010
		5	0.007 248	-0.060 148			11	0.047 602	-0.023 560

续表

n	r	i	$D_1(n, r, i)$	$C_1(n, r, i)$	n	r	i	$D_1(n, r, i)$	$C_1(n, r, i)$
12			0.055 904	-0.013 436	20	17	1	0.005 617	-0.045 695
13			0.065 012	-0.001 280			2	0.008 931	-0.048 385
14			0.075 467	0.013 416			3	0.012 297	-0.049 380
15			0.595 940	0.527 466			4	0.015 773	-0.049 304
20	16	1	0.001 656	-0.050 002			5	0.019 394	-0.048 357
		2	0.004 926	-0.052 742			6	0.023 192	-0.046 613
		3	0.008 410	-0.053 608			7	0.027 201	-0.044 083
		4	0.012 111	-0.053 287			8	0.031 459	-0.040 736
		5	0.016 048	-0.051 997			9	0.036 010	-0.036 510
		6	0.020 247	-0.049 816			10	0.040 910	-0.031 298
		7	0.024 742	-0.046 757			11	0.046 228	-0.024 954
		8	0.029 575	-0.042 785			12	0.052 055	-0.017 265
		9	0.034 801	-0.037 825			13	0.058 509	-0.007 934
		10	0.040 482	-0.031 763			14	0.065 756	0.003 474
		11	0.046 707	-0.024 432			15	0.071 029	0.017 606
		12	0.053 585	-0.015 601			16	0.083 671	0.035 486
		13	0.061 262	-0.004 939			17	0.398 968	0.433 947
		14	0.069 938	0.008 023	20	18	1	0.008 847	-0.041 706
		15	0.079 893	0.023 984			2	0.012 215	-0.044 331
		16	0.495 616	0.483 548			3	0.015 502	-0.045 422

续表

n	r	i	$D_1(n, r, i)$	$C_1(n, r, i)$	n	r	i	$D_1(n, r, i)$	$C_1(n, r, i)$
4			0.018 813	-0.045 550	6			0.027 802	-0.040 467
5			0.022 197	-0.044 896	7			0.031 155	-0.038 810
6			0.025 690	-0.043 529	8			0.034 624	-0.036 509
7			0.029 324	-0.041 469	9			0.038 247	-0.033 514
8			0.033 136	-0.038 666	10			0.042 061	-0.029 746
9			0.037 162	-0.035 086	11			0.046 112	-0.025 085
10			0.041 450	-0.030 632	12			0.050 458	-0.019 364
11			0.046 055	-0.025 168	13			0.055 176	-0.012 340
12			0.051 050	-0.018 506	14			0.060 372	-0.003 660
13			0.056 532	-0.010 374	15			0.066 198	-0.007 217
14			0.062 634	-0.000 381	16			0.072 887	0.021 167
15			0.069 547	0.012 071	17			0.080 830	0.039 737
16			0.077 558	0.027 938	18			0.090 746	0.066 024
17			0.087 131	0.048 871	19			0.212 971	0.308 714
18			0.305 157	0.316 826	20	20	1	0.013 553	-0.034 055
20	19	1	0.011 469	-0.037 905	2			0.017 039	-0.036 484
2			0.014 895	-0.040 446	3			0.020 257	-0.037 686
3			0.018 135	-0.041 607	4			0.023 376	-0.038 123
4			0.021 329	-0.041 903	5			0.026 464	-0.037 945
5			0.024 538	-0.041 503	6			0.029 565	-0.037 211

续表

n	r	i	$D_1(n, r, i)$	$C_1(n, r, i)$	n	r	i	$D_1(n, r, i)$	$C_1(n, r, i)$
7			0.032711	-0.035932	14			0.058856	-0.006460
8			0.035932	-0.034091	15			0.063842	0.002866
9			0.039258	-0.031646	16			0.069496	0.014902
10			0.042720	-0.028527	17			0.076128	0.031052
11			0.046357	-0.024632	18			0.084346	0.054203
12			0.030215	-0.019814	19			0.095669	0.092028
13			0.054354	-0.013860	20			0.119862	0.221415

附录 E
滚动接触疲劳试验记录表
(参考件)

试验机型号		试样与陪试件编号	
试样材料		试样转速	
润滑情况		粗糙度 R_a	
试验载荷		径摆	
接触应力		试样与陪试件硬度	
试样直径		接触宽度	
试样形状		跳动量	

续表

序 号	日 期	开机时间	停机时间	间歇时间	检查情况
	年 月 日	时 分	时 分	时 分	
	年 月 日	时 分	时 分	时 分	
	年 月 日	时 分	时 分	时 分	
	年 月 日	时 分	时 分	时 分	
	年 月 日	时 分	时 分	时 分	
	年 月 日	时 分	时 分	时 分	
	年 月 日	时 分	时 分	时 分	
	年 月 日	时 分	时 分	时 分	
	年 月 日	时 分	时 分	时 分	
	年 月 日	时 分	时 分	时 分	
	年 月 日	时 分	时 分	时 分	
	年 月 日	时 分	时 分	时 分	
	年 月 日	时 分	时 分	时 分	
	年 月 日	时 分	时 分	时 分	
	年 月 日	时 分	时 分	时 分	

试验结果： 寿命：_____

 试样失效特征：_____

报告： 校对： 审核： 年 月 日

附录 F
滚动接触疲劳试验报告
(参考件)

项目名称					
材料	牌号		试样	数量与组数	
	供货状态			形状与尺寸	
	炉号			表面粗糙度 R_a	
	规格			硬度	
热处理工艺					

试验条件

试验机型号		转速		接触应力		滑差率		润滑	
-------	--	----	--	------	--	-----	--	----	--

试验结果

组别	1	2	3	4	5		
斜率参数 b							
特征寿命 V_S							
额定寿命 L_{10}							
中值寿命 L_{50}							
中值疲劳强度 $\sigma_{R(N)}$							
数据处理方法							
起始时间				总台时			
备注							
单位		报告		校对		审核	

年 月 日

附加说明:

本标准由冶金工业部情报标准研究总所提出。

本标准由洛阳轴承研究所、钢铁研究总院、机械科学研究院等单位负责起草。

本标准主要起草人李训教、张宗亮。

本标准水平等级标记 GB 10622—89 I