

载重车和大客车轮胎滚动阻力测试方法

中图分类号:TQ330.7+3

文献标识码:B

文章编号:1006-8171(2001)12-0739-07

本国际标准规定了在可以控制的实验室条件下测试轮胎滚动阻力的方法,主要用于测试载重车和大客车轮胎新胎的滚动阻力,所得的测试值并不决定车辆的燃油经济性,也不决定轮胎的性能或质量。

本国际标准适用于所有载重车和大客车轮胎。

采用本方法可以对新胎的滚动阻力进行比较,测试时轮胎垂直于转鼓外表面且以稳定的状态向前自由滚动。

测量轮胎滚动阻力时,还必须测量在存在大得多的作用力下的各种小作用力。这就要求设备和仪表有很高的精度。

1 定义

下列定义适用于本国际标准。

(1)滚动阻力 F_r :单位距离的能量损失(或能量消耗)。

国际单位制传统上使用的滚动阻力单位为 $\text{Nm} \cdot \text{m}^{-1}$,这与以 N 为单位的牵引力相等。

(2)滚动阻力因数 C_r :以 N 为单位的滚动阻力与以 N 为单位的轮胎载荷之比。

(3)封闭式充气:轮胎充气的过程,可使轮胎充气压力随着行驶中升温而增大。

(4)调节式充气:将轮胎充气达所需充气压力的过程,气压不受其温度的影响,并且在轮胎载荷行驶的情况下保持这个充气压力。通常采用一个旋转部件将可调压气源与轮胎连在一起进行轮胎气压的调节(见附录 B)。

(5)附加损失:单位距离的能量损失(或能量消耗),不包括轮胎损失。附加损失包括测量过程中存在的空气阻力损失、轴承摩擦损失和其它来源固有的系统损失。

(6)无滑动接触测量法:测量附加损失的一

种方法。测量时轮胎要保持滚动,但相对于转鼓表面没有滑动,轮胎载荷降低到轮胎本身的能量损失实际上为零的水平。

(7)设备空转测量法:测量附加损失的一种方法。只包括测试转鼓的损失,不包括轮胎和轮辋的旋转轴的损失。

(8)转动惯量(见附录 C)。

2 测试方法

本国际标准中给出了可供选择的测试方法,具体选择哪种方法由测试员决定。不管采用哪种方法,测量结果都应换算为作用在轮胎/转鼓界面上的滚动阻力。

(1)测力法:测量轮胎旋转时轴的反作用力。

(2)测扭矩法:测量试验转鼓的扭矩输入。

(3)测功率法:测量试验转鼓的功率输入。

(4)测减速度法:测量试验转鼓和轮胎总成的减速度。

3 试验设备及技术条件

3.1 转鼓技术条件

(1)转鼓直径

转鼓直径应在 1.7~3 m 之间,转鼓直径不同,测量结果也不同,请参看 7.3 节中的转鼓直径修正。

(2)转鼓表面

转鼓表面应为光滑的钢制表面或有纹理的表面,转鼓表面应保持清洁。对于有纹理的转鼓表面的要求请参看附录 B。

(3)转鼓宽度

转鼓测试面宽度应大于轮胎胎面的宽度。

3.2 试验轮辋

轮胎应装在附录 A 中规定的试验轮辋上。

3.3 载荷、对正、控制和仪表精度

载荷、对正、控制和仪表精度的测量应相当精确,以保证能够提供所需的测试数据。这些参数的具体精度值见附录 A。

3.4 温度环境

(1) 标准条件

标准室温是指在距轮胎胎侧 1 m 处的轮胎旋转轴上测得的温度,应为 25 °C。

(2) 任选条件

如果达不到标准室温,应根据 7.2 节中的标准温度环境修正滚动阻力测量值。

(3) 转鼓表面温度

注意确保测量开始时转鼓表面的温度与室温大致相同。

4 试验条件

本项试验的内容为在一定的轮胎充气压力下测量轮胎的滚动阻力。在试验过程中,允许轮胎气压有所增大(封闭式气压)。

4.1 试验速度

(1) 载荷指数不小于 122 的试验速度

速度级在 K 到 M 之间的轮胎转鼓速度为 80 km·h⁻¹,速度级在 F 到 J 之间的轮胎转鼓速度为 60 km·h⁻¹。

(2) 载荷指数小于 122 的试验速度

转鼓速度为 80 km·h⁻¹,如有需要,可采用 120 km·h⁻¹的转鼓速度。

4.2 试验载荷

标准试验载荷应按轮胎单胎最大载荷量的 85 % 计算,标准载荷精度范围见附录 A。

4.3 试验充气压力

试验充气压力应为轮胎制造商规定的与轮胎单胎最大载荷量相对应的充气压力,其精度范围见附录 A。

4.4 时间和速度

当采用减速度法时,应遵循下列要求:

(1) 在时间 Δt 区间,时间增量不应超过 0.5 s;

(2) 转鼓速度的变化不应超过 1 km·h⁻¹。

4.5 任选条件

如果需要测定试验载荷、充气压力或速度

的响应,参考附录 B 中列出的任选试验条件。

5 试验步骤

试验按下述次序进行。

5.1 磨合

为了保证测量结果的重复性,在开始试验之前,应使轮胎有一个初始的磨合过程,然后再使之冷却。磨合应在车辆或直径不小于 1.7 m 的转鼓上进行。

5.2 温度调节

将充气轮胎在试验场所的温度环境中放置一定时间,以便达到热平衡,通常在 6 h 后温度达到平衡。

5.3 压力调整

温度调节结束后,将充气压力调整到试验压力,10 min 后再检查一遍。

5.4 预热

使轮胎以恒速滚动,直到滚动阻力达到稳定值,预热时间见附录 B。

5.5 测量和记录

测量并记录的内容包括:

(1) 试验转鼓速度 v (km·h⁻¹)。

(2) 垂直于转鼓表面的轮胎载荷 L_m (N)。

(3) 充气压力: ①初压,定义见 5.3 节; ②终压(用于轮胎封闭气压)。

(4) 驱动轴上的驱动扭矩 T_t 、轮胎旋转轴受力 F_t (N)、输入功率 $U \times I$ 或转鼓/轮胎/轮胎总成的减速度 $\Delta\omega/\Delta t$,依测量方式而定。

(5) 稳定状态条件下从轮胎旋转轴到转鼓外表面之间的距离 r_L (m)。

(6) 环境温度 θ_a (°C)。

(7) 试验转鼓半径 R (m)。

(8) 选择的试验方法。

(9) 试验轮辋(规格和材料)。

轮胎转鼓系统自由体示意图 1。

5.6 附加损失测量

5.6.1 无滑动接触测量法

(1) 降低轮胎载荷,例如降低到 50 N,使轮胎保持无滑动滚动的试验速度。

(2) 根据不同的测量方法记录旋转轴受力 F_p 、输入扭矩 T_p 或功率。

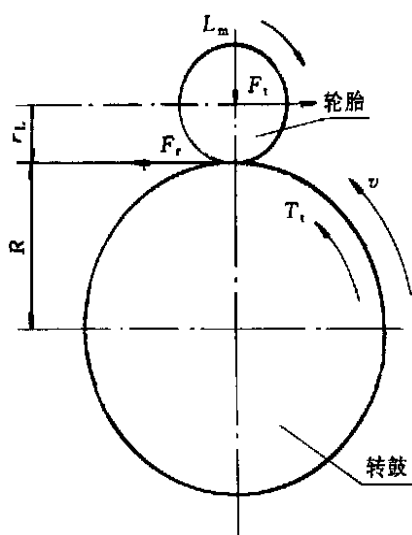


图 1 轮胎转鼓系统自由体示意

假定无轴承和空气阻力等附加损失

(3) 记录垂直于转鼓表面的轮胎载荷 L_p 。

5.6.2 设备空转测量方法

(1) 将轮胎从转鼓表面移开。

(2) 根据不同的测量方法记录试验速度 v 、输入扭矩 T_p 、功率或试验转鼓的减速度。

5.6.3 减速度法

(1) 将轮胎从试验转鼓表面移开。

(2) 记录试验转鼓的减速度 $\Delta\omega_0/\Delta t$ 、无载荷轮胎的减速度 $\Delta\omega_p/\Delta t$ 。

6 数据处理

6.1 消除附加损失

(1) 无滑动接触测量法

从测量结果中减去用无滑动接触测量法测得的附加损失值。

(2) 空转测量法

从测量结果中减去用空转测量法测得的附加损失值。

(3) 附加损失

计算以 N 为单位的附加损失 F_p 的公式如下：

$$F_p = \frac{I_D}{R} \cdot \frac{\Delta\omega_0}{\Delta t_0} + \frac{I_T}{R_r} \cdot \frac{\Delta\omega_p}{\Delta t_0}$$

式中 I_D ——试验转鼓的旋转惯量, $\text{kg} \cdot \text{m}^2$; $\Delta\omega_0$ ——无轮胎时的转鼓角速度, $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$; Δt_0 ——无轮胎时测量附加损失所用的时间增量, s; I_T ——轮胎和轮辋旋转时的惯量, $\text{kg} \cdot \text{m}^2$; R_r ——轮胎滚动半径, m; ω_p ——无载荷轮胎的角速度, $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

6.2 滚动阻力计算

将驱动扭矩、轮胎旋转轴受力、功率或减速度的净值换算成以 N 为单位的滚动阻力 F_r , 具体方法如下。

(1) 测力法

测力法计算轮胎滚动阻力的公式如下：

$$F_r = F_t [1 + r_L / R]$$

(2) 测扭矩法

测扭矩法计算轮胎滚动阻力的公式如下：

$$F_r = T / R$$

式中 T ——输入扭矩, N·m。

(3) 测功率法

测功率法计算轮胎滚动阻力的公式如下：

$$F_r = \frac{3.6 UI}{v}$$

式中 U ——加到转鼓驱动装置上的电压, V; I ——通过的电流, A。

(4) 测减速度法

测减速度法计算轮胎滚动阻力的公式如下：

$$F_r = \frac{I_D}{R} \left(\frac{\Delta\omega_0}{\Delta t_v} \right) + \frac{R I_T}{R_r^2} \left(\frac{\Delta\omega_p}{\Delta t_v} \right) + \frac{M}{R_r} - F_p$$

式中 Δt_v ——测量所用的时间增量, s; $\Delta\omega_0$ ——轮胎载荷时的转鼓角速度, $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$; M ——轮胎的空气阻力矩, N·m。

附录 C 是用减速度法测量转动惯量的指导方法并给出了一些实例。

7 数据分析

7.1 滚动阻力因数

滚动阻力因数 C_r 的计算公式如下：

$$C_r = F_r / L_m$$

7.2 温度修正

如果测量时不能保证 25 °C 的环境温度(温度范围在 20~30 °C 之间),应用下列公式进行温度修正,式中 $F_{r_{25}}$ 是环境温度为 25 °C 时的滚动阻力,单位为 N。

$$F_{r_{25}} = F_r [1 + K(\theta_a - 25)]$$

式中, K 对载荷指数不小于 122 的载重车和大客车来说等于 0.006;对载荷指数小于 122 的载重车和大客车来说等于 0.01。

7.3 转鼓直径修正

利用下列理论公式可对在不同直径的转鼓上测量的轮胎滚动阻力进行对比:

$$F_{r_{02}} \approx KF_{r_{01}}$$

其中 $K = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}$

式中 R_1 ——转鼓 1 的半径, m;
 R_2 ——转鼓 2 的半径, m;
 r_T ——轮胎名义半径, m;
 $F_{r_{01}}$ ——转鼓 1 上测得的滚动阻力, N;
 $F_{r_{02}}$ ——转鼓 2 上测得的滚动阻力, N。

附录 A(标准的附录) 试验设备精度

本附录中规定的精度对于获得具有良好重复性和再现性的测试结果是非常必要的。但这里提出的精度并不代表一整套试验设备的技术规范,而只是获得可靠测试结果的指导方法。

1 试验轮辋

1.1 宽度

试验轮辋的宽度应与标准测量轮辋宽度相同,否则应选择宽度大一级的轮辋。要注意的是,轮辋宽度不同,试验结果也有所不同。

1.2 偏差

偏差应符合下列标准:

最大径向跳动	0.5 mm
最大侧向偏离	0.5 mm

2 对正

角度偏差对测量结果有决定性影响。

2.1 加载

轮胎的加载方向应垂直于转鼓表面且应通过转鼓的中心,其误差范围如下:

测力法和测减速度法	1 mrad
测扭矩法和测功率法	5 mrad

2.2 轮胎对正

(1) 外倾角

轮胎平面应与试验面垂直,在所有测法中误差应在 2 mrad 之内。

(2) 偏离角

轮胎平面应与试验表面运动的方向平行,在所有测法中误差应在 1 mrad 之内。

3 控制精度

3.1 一般精度

除了由于轮胎和轮辋的不均匀性而造成的影响之外,试验设备应保证能够测出精度如下的各变量:

轮胎加载	± 20 N
充气压力	± 3 kPa
表面速度	

测功率法、测扭矩法

和测减速度法	± 0.2 km h ⁻¹
--------	------------------------------

测力法	± 0.5 km h ⁻¹
-----	------------------------------

时间	± 0.02 s
----	--------------

角速度	± 0.2 %
-----	-------------

3.2 对轮胎载荷与轮胎旋转轴受力相互作用以及加载方向偏差的任选补偿方法

此补偿方法仅适用于测力法。记录轮胎正、反向旋转时的旋转轴受力或对试验机做动态标定,正转可以实现对载荷/旋转轴受力相互作用以及加载偏离的补偿。如果记录了正、反向旋转时(每个试验条件下)旋转轴的受力,则从“正向”值中减去“反向”值,再将结果除以 2 便可实现补偿。如果要做试验机动态标定,在数据处理中补偿项可以很容易地插入。

4 仪表精度

用于读取和记录试验结果的仪表,其精度范围应为:

轮胎载荷	± 10 N
------	------------

充气压力	±1 kPa
旋转轴受力	±0.5 N
输入扭矩	±0.5 N·m
距离	±1 mm
电功率	±10 W
温度	±0.2 °C
表面速度(适用各种方法)	±0.1 km·h ⁻¹
时间	±0.01 s
角速度	±0.1 %

5 试验表面的光洁度

横向测量所得的钢制转鼓表面的粗糙度应在 6.3 μm 以下。

6 轮胎旋转轴的轴承摩擦

当采用空转测量法测量附加损失时,应当定期检查轮胎旋转轴的轴承摩擦是否小到可以忽略不计。

附录 B(供参考) 任选试验条件

轮胎滚动阻力随速度、载荷、充气压力以及其它影响因素的变化而变化。根据轮胎使用环境的不同为各试验轮胎确定上述与轮胎有关参数的影响可能是有用的。如果需要这些参数,可参考下面的任选项;如果没有特殊要求,则应采用标准的试验条件。

1 速度响应

封闭式压力条件下的预热时间至少需要 90 min,调节式压力条件下的预热时间至少需要 30 min。

2 载荷和充气压力响应

如果需要载荷和充气压力响应,则按表 1 进行测试,试验顺序应使滚动阻力值稳定逐步下降。对大多数轮胎来说,示出的顺序可实现这一目的。第 1 个数据点的预热时间至少需 90 min,随后每个数据点的预热时间至少为 30 min。

表 1 载荷和充气压力的测试

轮胎载荷与最大 载荷的比例/ %	轮胎充气压力与额 定压力的比例/ %
100	100(封闭式)
100	95(调节式)
75	70(调节式)
50	120(调节式)
25	70(调节式)

3 表面纹理

如果转鼓采用有纹理的表面代替钢制表面,在试验报告中应予以说明。表面纹理深应为 180 μm(80 粒度)。

附录 C(供参考) 转鼓和轮胎总成转动惯量的测试方法——测减速度法

这里介绍的方法是采用测减速度法测量转动惯量,以获得可靠的试验结果。此方法仅作为指导方法或应用实例。

1 转鼓的惯量

1.1 测量方法

(1) 试验设备

试验装置除了转鼓和角编码器外,还需有如下设备:①质量很小的定滑轮,安装在低摩擦轴承上;②已知质量的质量块 M,其质量在 50 ~100 kg 之间;③适宜的钢绳以及连接装置。

(2) 试验设备布局

试验设备布局见图 2。

(3) 理论

对图 2 所示系统应用力学原理可得到如下公式:

$$I_D = \frac{mgR - C}{(\Delta\omega_b/\Delta t)} - mR^2 - I_p \frac{R^2}{r^2}$$

式中 m ——质量块的质量,kg;
 g ——重力加速度,其值等于 9.81 m·s⁻²;
 C ——转鼓轴承的摩擦扭矩,N·m;
 I_p ——滑轮转动惯量,kg·m²;
 r ——滑轮半径,m;
 $\Delta\omega_b/\Delta t$ ——转鼓的角加速度或角减速度,rad·s⁻²。

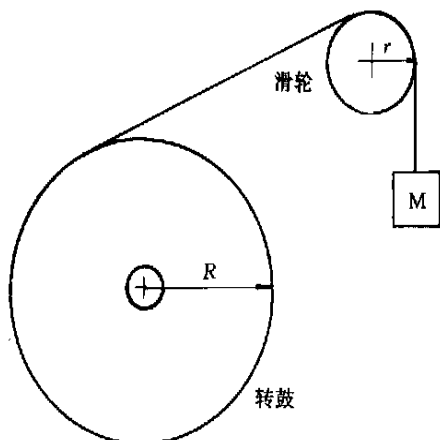


图2 试验设备布局

滑轮轴承的摩擦扭矩可以忽略不计。

(4) 方法

当质量块M被释放后,通过装于转鼓轴上的角编码器可以测出转鼓的角加速度(当然也可以测出转鼓的角减速度)。

只要质量块M给予转鼓足够的角动量,绳子与转鼓分开,也可以测出转鼓轴承的摩擦扭矩C,通过下式将转鼓的减速度与转动阻力矩C相关联:

$$C = I_D \left(\frac{\Delta \omega}{\Delta t} \right)_{\text{dec}}$$

1.2 测定方法

用计算的方法也可获得转鼓的转动惯量。

将组成转鼓的各部件(法兰、转鼓盘和加强筋)的转动惯量值相加,即可得到转鼓总成的转动惯量 I_D ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$):

$$I_D = I_f + I_d + I_r$$

式中 I_f ——转鼓法兰盘的转动惯量, $\text{kg} \cdot \text{m}^2$;

I_d ——转鼓盘转动惯量, $\text{kg} \cdot \text{m}^2$;

I_r ——加强筋的转动惯量, $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ 。

2 轮胎总成的转动惯量

2.1 弹簧法

(1) 所需设备

转动惯量为 I_0 的扭转摆动装置和扭弹簧常数为K的弹簧(见图3)。

(2) 理论

转动摆的自由运动方程如下:

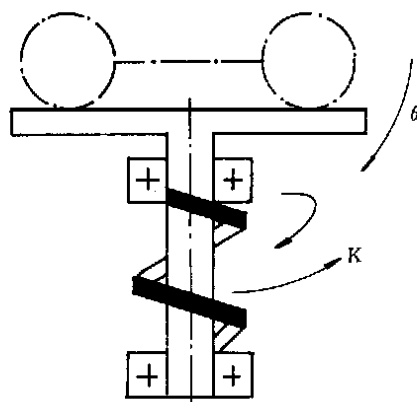


图3 弹簧法示意

θ —转动摆从平衡位置开始转过的角度

$$I_0 \frac{d^2 \theta}{dt^2} + K \theta = 0$$

式中 t ——时间, s。

其自由摆动的周期 T_0 按下式计算:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{I_0}{K}}$$

(3) 方法

分别测量装和不装轮胎总成的摆动周期 T_1 和 T_0 ,则轮胎总成的转动惯量 I_T 按下式计算:

$$I_T = \frac{K}{4\pi^2} (T_1^2 - T_0^2)$$

2.2 双绳摆动法

用两根长度相同的钢绳将轮胎总成吊起,让其做扭转摆动,测出轮胎的双摆周期,即可得轮胎的转动惯量(见图4)。

(1) 理论

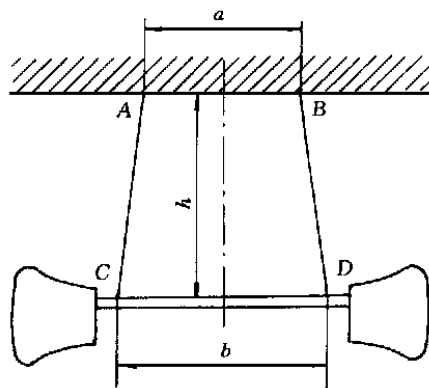


图4 双绳摆动法示意

a —点A和B之间的距离(m); b —点C和D之间的距离(m); h —直线AB和CD之间的垂直距离(m)

双绳摆动法的 $I_T(\text{kg} \cdot \text{m}^2)$ 可用下式计算:

$$I_T = \tau^2 \cdot \frac{Wab}{4\pi^2 h}$$

式中 τ ——摆动周期, s;

W ——轮胎和轮辋的质量, kg。

(2) 方法

测出轮胎的双摆周期 τ , 通过上述计算公式可得轮胎的转动惯量。

(董秀玲摘译 涂学忠校)

译自“ISO 9948:1992”

国内外简讯 13 则

△桦林集团有限责任公司年产 55 万套子午线轮胎项目进入试生产阶段, 这标志着列入全国 12 个重点轮胎项目之一的该企业“八五”工程全部竣工。据悉, 桦林集团子午线轮胎年生产能力目前已达到 180 万套, 子午化率达到 41.86 %。

△湖北钢丝厂年产 2 250 t 胶管钢丝扩产技改项目建成投产。胶管钢丝是橡胶软管增强用骨架材料, 主要用于石油、煤炭、液压机械领域。

(以上摘自《中国化工报》)

△米其林轮胎销售公司将召回至 2001 年 3 月止的 18 个月内在日本销售的由米其林意大利载重轮胎厂生产的 5.5 万条轮胎。据称该轮胎设计存在缺陷, 因而承受过载和高气压的能力差, 容易造成胎侧破坏, 气压泄漏。

RPN, 2001-05-14, P4

△波兰 Stomil-Olsztyn 轮胎公司推出新型挂车子午线轮胎 400/70 R20 150D, 与被取代的斜交轮胎相比, 该轮胎提高了负荷能力, 大幅度降低了滚动阻力, 从而给农民带来了良好的经济效益。

TA, [8], 6(2001)

△台湾建大轮胎公司与库珀/阿旺公司达成协议, 为后者生产 T 速度级轮胎, 供应欧洲市场。库珀/阿旺与建大合作的原因是可降低生产成本, 腾出精力生产高利润的高档轮胎。

TA, [8], 55(2001)

△据德意志银行分析, 费尔斯通召回轮胎行动给轮胎行业结构调整带来积极影响, 从而使米其林等公司受益, 轮胎产量将减少, 而价格将上扬。

TA, [8], 58(2001)

△米其林和住友橡胶公司签订了一个技术

转让协议, 使住友能够生产和销售米其林的 Pax 系统, 以满足亚洲和日本汽车公司的需求。Pax 系统能在零压下以 $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的速度行驶 200 km。

TA, [8], 60(2001)

△固特异 2001 年第 1 季度销售额从一年前的 37 亿美元降至 34 亿美元, 同比下降 8.19 %, 轮胎销售量从 5 480 万条降至 5 270 万条, 同比下降 3.8 %。该季净亏损达 4 670 万美元。

Tyreman, 32[4], 12(2001)

△大陆公司计划投资 4 300 万美元兼并俄罗斯莫斯科轮胎厂。该厂的产量将由目前的年产 200 万条轿车和载重车轮胎增加到 500 万条。

TTI, [2], 5(2001)

△米其林 2001 年第 1 季度销售额达到 37 亿欧元, 同比增长 2.8 %, 而销量下降了 4.1 %。

IRJ, 55, 36(2001)

△印度汽车轮胎生产者协会(ATMA)要求印度政府阻止中国加入曼谷协议, 参加该协议的国家出口到印度的轮胎课 30 % 进口税, 而其它国家要交 35 % 进口税。中国轮胎由于成本低, 比印度轮胎便宜 30 %。大量中国轮胎进入印度将给印度轮胎业造成灾难性的影响。

IRJ, 55, 40(2001)

△由于对新载重替换轮胎需求强劲, 美国 2000 年对胎面胶的需求由 1999 年的 2.4 亿 kg 降至 2.2 亿 kg, 下降 7.9 %, 2001 年还将下降 3.7 %。

RPN, 2001-05-14, P4

△大陆公司 2001 年第 1 季度销售额同比增长 6.3 %, 达到 24 亿美元, 而营业利润下降 26.6 %, 降至 9 785 万美元。

RPN, 2001-05-14, P4