

PY材料自润平面胶辊研究

齐长祥 侯俊士

黄聚社

(燕山大学)

(赵县中学)

【摘要】 本文针对现存的滑动式和滚动式两种细纱机胶辊存在的优缺点，提出了一种兼顾两者优点又克服了其缺点的自润滑胶辊技术。本文通过试验研究，证明了其机理预想的正确性。

一、前言

早期纺纱工艺中普遍采用的是油润滑的滑动摩擦胶辊，即平面胶辊。当今多数企业则更新为能降低能耗和消灭油脂流失而造的油污纱的两者间为滚动摩擦的俗称为轴承胶辊。但平面胶辊也有一些可贵之处，如胶辊运转平稳，加工的产品条干品质高，结构简单，保养方便，投资少等优点。

燕山大学经过多年努力研究探索出了一种以尼龙材料为基，添加以二硫化钼、聚四氟乙烯等多种组份的PY型自润滑复合材料，用以制做的平面胶辊，具有以下明显优点：①运转平稳，无跳动，纱条条干好；②无需注油润滑，节省油脂又便于保养；③无纱条油污弊病；④使用寿命长；⑤结构简单、工艺性好、投资少等优点。由此可见，自润滑PY型平面胶辊既继承了前两者的优点，又避开了现有两种结构的缺点，经过生产企业生产试验也充分证实了上述研究所具有的特性。

二、胶辊辊壳运动分析

在牵伸加工中最为重要的保证条件是使纤维束通过胶辊胶管罗拉构成的钳口握持力具有良好的稳定性，从而达到成纱均匀的目的。

1. 平面胶辊壳运动

如图1(a)所示辊壳1在罗拉施加于其上的驱动力矩 T 和切于半径为 μR 摩擦圆外力 N

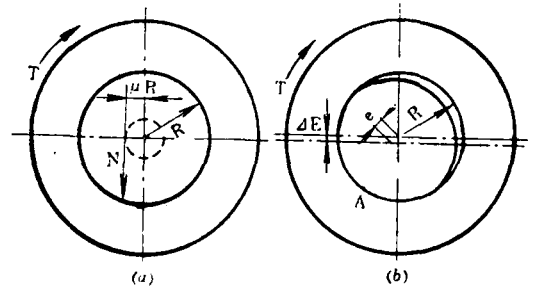


图1 平面胶辊壳受力图

的摩擦阻力矩复合作用下按下面牛顿运动方程运动：

$$T - \mu NR = J(d^2\phi/dt^2) \quad (1)$$

式中： ϕ 为辊壳角位移； J 为辊壳转动惯量； R 为辊壳内孔半径；(T 、 N 、 R 、 J 为常数)。

因其间润滑条件不易保持稳定不变，其间的摩擦系数 μ 将不停地改变着。因此使得辊壳的角加速度 $(d^2\phi/dt^2) = \varepsilon$ 也不停地改变，导致握持力不停变化，影响着成纱的均匀性。下式说明，辊壳的角加速度 ε 是摩擦系数的函数。

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = (\mu_1 - \mu_2)(NR/J) \quad (2)$$

此外，由于辊芯和辊壳间存在着间隙，图1(b)接触点A的位置将随着摩擦系数 μ 的大小变化而改变。同辊轴中心呈现的偏心值 e 将随着摩擦系数 μ 的改变而变化。使得辊壳几何中心位置随着摩擦系数以 ΔE 不停地上下跳动，影响着纱条握持力的稳定性，影响着成纱

的均匀性。

$$e = R[1 - (1/\sqrt{1 + \mu^2})] \quad (3)$$

由上可知，由于平面胶辊的润滑稳定性难以保证，而影响其周向和径向方向上运动稳定性和握持力的平衡性。或者说如果能够设法保证摩擦系数 μ 值的恒定不变，则可以保持握持力恒定不变，从而达到成纱均匀的目的。

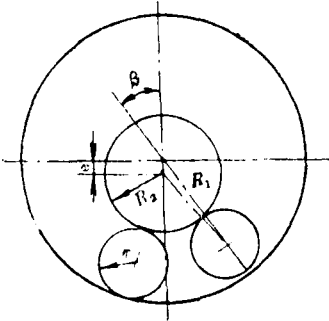


图2 轴承胶辊辊壳运动图

2. 滚动胶辊辊壳运动分析

为了转动灵活和补偿各类误差，轴承胶辊辊壳和芯轴间应留有足够的间隙，使得胶辊在运转中芯轴同辊壳中呈现出偏心量 e 将随着辊壳转角 β 变化而改变⁽⁴⁾，有如下关系：

$$(R_2 + r)^2 = e^2 + (R_1 - r)^2 - 2e(R_1 - r)\cos\beta \quad (4)$$

式中： R_1 为辊壳内孔半径； R_2 为胶辊芯轴半径； r 为滚动体半径； β 为图中所示的辊壳角位移。

若轴承消除了间隙，则 $R_2 + r = R_1 - r$ ， $e = 0$ ；若轴承内有间隙存在，则 $R_2 + r \neq R_1 - r$ ，偏心值 e 将随转角 β 值周期改变着。轴承间隙越大，即或者是 R_1 越大，或者是 R_2 越小，或者是 r 越小，则 e 值的变动也将越大。即辊壳在运转中上下跳动将越严重，握持力变动也越大。当轴承元件遭到严重磨损时即呈现此种状况。这不仅给保养保全工作增加不便，尤其对成纱的均匀性不利影响就更为严重。

三、PY材料胶辊辊壳摩擦学试验研究

为了对PY自润滑材料辊壳和铸铁辊壳进行摩擦学对比试验，按如图2所示结构及尺寸，上述两种材料分别各加工四个辊壳试件。内孔表面粗糙度为 $R_a 0.32 \sim 0.63 \mu m$ ，轴承间隙为0.1、0.2、0.3mm。试验载荷分别取80、90、100、110、120N，试验速度分别为

$n = 200、300、400、500、600$ r/min。在每一载荷下试验时间为48小时，进行测试，试验结果如表1所示。

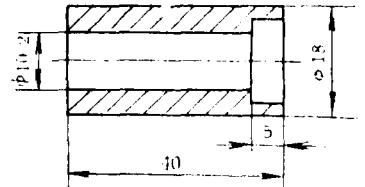


图3 胶辊辊壳结构图

表1 PY胶辊轴承摩擦系数测试结果

$h(r/m)$	200	300	400	500	600
8	0.075	0.087	0.092	0.101	0.113
9	0.071	0.081	0.089	0.096	0.101
10	0.068	0.077	0.088	0.090	0.095
11	0.065	0.073	0.082	0.086	0.090
12	0.064	0.073	0.081	0.083	0.085

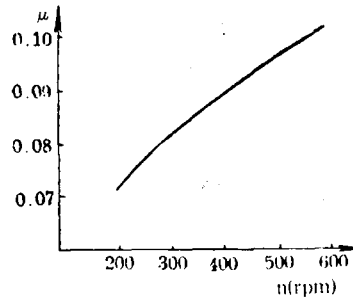


图4 PY材料胶辊轴承 $\mu-n$ 曲线 ($w = 9kg$)

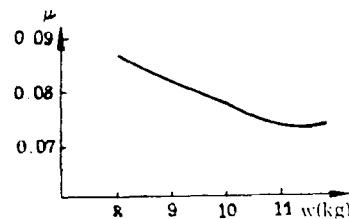


图5 PY胶辊轴承 $\mu-w$ 曲线 ($n = 300r/m$)

在相同的条件下对铸铁辊壳结构施以油脂润滑进行了摩擦学试验研究。试验结果列于表2、3中，并绘成图6、7所示曲线，试验结果表明。

1. PY自润滑胶辊在所进行的试验条件下具有摩擦系数随表面相对滑动速度增加而提高的正向规律。

美国拉宾诺维奇⁽⁴⁾研究相对运动表面爬行规律指出：摩擦副表面产生爬行的主要原因在于静摩擦系数大于动摩擦系数的缘故。即所谓的摩擦系数随相对速度提高而下降的负向规律造成的。对于静摩擦系数等于或小于动摩

表 2 铸铁加干油 (n = 300r/min)

w(kg)	8	9	10	11	12
μ	0.108	0.110	0.109	0.117	0.117

表 3 铸铁加干油 (w = 9kg)

n(r/min)	200	300	400	500	600
μ	0.107	0.110	0.114	0.118	0.121

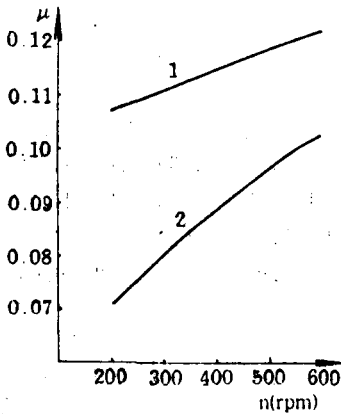


图 6 w = 9kg 时 μ-n 关系曲线
1——铸铁辊壳; 2——PY 辊壳

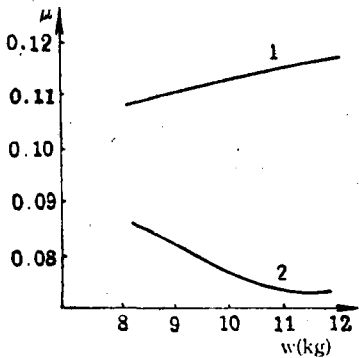


图 7 n = 300r/m 时 μ-w 关系曲线
1——铸铁辊壳; 2——PY 辊壳。

摩擦系数的正向规律情况, 则无爬行出现, 可以使摩擦副无抖动平滑地相对运动着。PY 材料辊壳对铸铁芯轴相互摩擦符合正向规律, 可以获得辊壳平滑地转动运动, 从而保持握持力稳定, 均匀成纱的效果。铸铁辊壳在充足油脂润滑的条件下也可以实现正向特性, 供油不足时, 则为负向规律, 呈现爬行。但其摩擦系数始终高于

PY 材料辊壳之值, 消耗能源也较多。

2. PY 自润滑材料辊壳在试验条件下, 其间的摩擦系数同轴承间的间隙大小关系不大, 因而有利于加工和散热的需要, 并且可以延长其使用寿命。

3. PY 自润滑材料辊壳在试验条件下具有摩擦系数随加载下降的规律。有利于降低能

耗和散热的需要。而铸铁辊壳则是随载荷增加呈上升趋势, 即随载荷增加能耗也提高的规律。

四、PY 自润滑辊壳胶辊现场工业试验

现场试验用的辊芯表面粗糙度为 $R_a = 0.32 \sim 0.63 \mu\text{m}$; 辊壳内表面为铰制而成; 轴承间隙选用 0.1mm; 纺纱品种为 21^ST/C(65/35)。

运转 100 小时后取样, 以瑞士产 Uster 条干分析仪检测条干质量。结果如表 4 所示。目前, 国家对细纱条干质量仅考核 CV_m 值一项指标, 考核标准数据如表 5 所示。从此两表数据对比中可以看出四次试样的 CV_m 值全部在优等品以上级别中。说明了 PY 材料辊壳完全能够保证条干的高质量要求, 条干的其他指标也很好。经年余时间运转状况看, 至今性能良好, 各项指标具有良好的稳定性, 同预料性能相吻合。

表 4 棉纱条干检验结果 (4 次平均)

$u_m(\%)$	CV%	细节	粗节	棉结
9.87	12.57	0 个/千米	59 个/千米	130 个/千米

注: CV% 四次分别为 12.13, 13.05, 12.64, 12.45%

表 5 国家考核条干标准

等级	优等	一等	二等
指标	16% 以下	16~18%	>18%

关于辊壳磨损试验, 因为磨损轻微难以测出以及时间有限, 尚未得出精确的规律来。现场 30 天连续运转后观察以及现今一年时间后的情况看, 胶辊壳内表面上切削加工刀痕仍清晰可见, 见不到磨损痕迹。千分尺也难以测出其变化。根据资料 [2] 可以概算其相对磨损量 I_n 来, PY 材料相对磨损量 I_n 。

$$I_n = C_1 \cdot a_r \cdot P_G \cdot \tau_0^{1/2} \cdot \theta^{-1/2} \cdot (kf_M / \sigma_0)^2 \quad (5)$$

将各参数值代入后得: $I_n = 6.5 \times 10^{-10}$

铸铁胶辊壳的相对磨损量为:

$$I_n = 1.65 \times 10^{-9}$$

(上接第 20 页)

从而得出 PY 自润滑皮辊壳的抗磨损寿命较良好润滑的铸铁辊壳高出一倍半之多。

(5) 式中 $\theta_1 = (1 - \mu_1^2) / E_1 = 0.08 \text{mm}^2/\text{N}$
PY 材料弹性模量 $E_1 = 1 \times 10^8 \text{N/mm}^2$; 波桑系数 $\mu_1 = 0.45$ 。铸铁材料弹性模量 $E_2 = 1.3 \times 10^5 \text{N/mm}^2$; 波桑系数 $\mu_2 = 0.25$ 。

$K_1 = 3$, $\alpha_r = 2.2$, α_r ——材料的摩擦滞后系数。摩擦疲劳参数: $\sigma_0 = 630 \text{N/mm}^2$; 疲劳指数 $t = 2.3$; 金属对 HY 材料摩擦副: $\tau_0 = 0.3 \text{N/mm}^2$;

摩擦系数 $f = 0.086$, 经换算得其分子分量

$f_M = 0.078$; 半径间隙 $\varepsilon = 0.05$, 因为 $D_1 = 10.3 \text{mm}$, $D_2 = 10.2 \text{mm}$; 铸铁皮辊壳的 $\sigma_0 = 660 \text{N/mm}^2$; $t = 4.15$; $\tau_0 = 1.0 \text{N/mm}^2$; $f_M = 0.11$ 。

五、结 论

1. 理论分析和试验研究结果表明, 在无油润滑条件下 PY 材料辊壳同铸铁芯轴对摩时, 摩擦系数同表面相对滑动速度呈正向特性规律, 从而避开了无油或少油时铸铁皮辊的爬行现象, 有利于保持握持力的恒定性, 成纱的

(下转第 28 页)