

带凸度圆柱滚子的一种超精加工方法

周尔民

(产业处)

摘 要 建立了导辊形状设计计算数学模型, 按此数学模型计算的辊形与德国 SUPFINA 公司的 SK 636 导辊实物形状十分近似^[1]。滚子通过此导辊经超精研可形成凸度, 改善圆度, 提高粗糙度^[1]。

关键词 凸度圆柱滚子; 超精研加工; 超精导辊; 辊形设计

分类号 TH 133 .33

0 引 言

直母线滚子轴承在运转过程中, 滚子的两端会出现应力集中, 应力集中对轴承的承载能力和疲劳寿命有极不利的影响^[1]。为了防止端部发生应力集中, 通常是将滚子的直母线修正成有微量凸起的某种特定的曲线, 即滚子带有凸度^[1]。

滚子表面的微小凸度, 除了使接触区沿长度方向的应力分布趋于均匀, 减轻或消除端部应力集中现象之外, 还使轴承具有一定的抵抗轴线偏斜的能力, 从而可显著提高轴承的使用寿命^[1]。

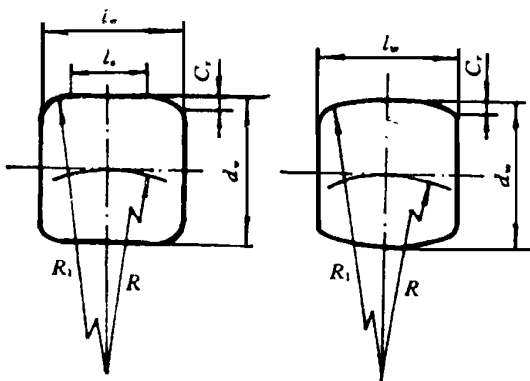
从六十年代以来, 国内、外轴承工业都对圆柱滚子的轴向截形设计及其工艺实现方法, 进行了长期和深入的研究, 取得了大量成果^[1]。但是, 国外公司为了保护自身利益, 公诸于世的往往只是截形设计方面的研究成果, 而对工艺实现方法, 则几乎都不作报道^[1]。

本文针对用圆弧修正的全凸和半凸型圆柱滚子的超精加工方法, 特别是超精导辊的辊形设计问题, 作了详细的解析研究, 所得结果与国外公司提供的商品导辊辊形几乎完全一致^[1]。

1 滚子凸度的超精成形原理

为提高滚动轴承的动负荷容量, 直母线滚子轴承的滚动体常带有一定的凸度值^[1]。其凸度形式, 较常用的有全凸的和半凸的两种(见图 1)^[1]。

带凸度圆柱滚子的超精加工是将滚子放在一对异向斜置的导辊上, 滚子由导辊驱动, 在作旋转运动的同时, 又沿一近似于直线的圆弧作进给运动, 在往复振荡的加压油石切削作用下, 使滚子母线上形成圆弧或两端形成圆弧的超精研加工方法^[1](见图 2)。



(a) 半凸

(b) 全凸

图1 凸度形式

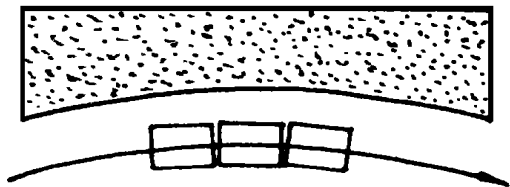


图2 凸度形成的基本原理

在直径为 d_w , 长为 l_w 的工件上形成 C_r 的凸度值, 对于半凸的滚子, C_r 由下式确定:

$$C_r = [R_1^2 - (\frac{l_s}{2})^2]^{\frac{1}{2}} - [R_1^2 - (\frac{l_w}{2})^2]^{\frac{1}{2}},$$

当 $l_s = 0$ 时, 为全凸形式, 此时母线的圆弧半径为:

$$R_1 = \frac{l_w^2}{8C_r} + \frac{C_r}{2} \quad (1)$$

因为 $\frac{C_r}{2} \ll \frac{l_w^2}{8C_r}$, 所以 $R_1 = \frac{l_w^2}{8C_r}$, 因此, 工件中心的转动半径

$$R = R_1 - \frac{d_w}{2} = \frac{l_w^2}{8C_r} - \frac{d_w}{2} \quad (2)$$

要使工件母线被超精研出圆弧, 则工件应在导辊上作圆弧形的送进运动, 其圆弧半径应和工件上要形成的圆弧半径相同^[13]。超精研直母线时, 则应使工件的上母线在运动过程中保持等高^[13]。

在加工半凸的圆柱滚子时, 滚子中心在导辊上应形成图3所示的运动轨迹^[13]。

工件超精时在导辊上的移动轨迹可以分为三段:

第Ⅰ段: 工件由料槽进入导辊组, 在导辊引导下进入超精研区域, 在上母线保持等高的状态下, 超精圆柱表面^[13]。

第Ⅱ段: 工件作三次圆弧运动, 在油石的切削作用下形成圆弧形的母线, 圆弧形的轨迹是由工件运动过程中的上升或下降量 d_h 来控制的^[13]。

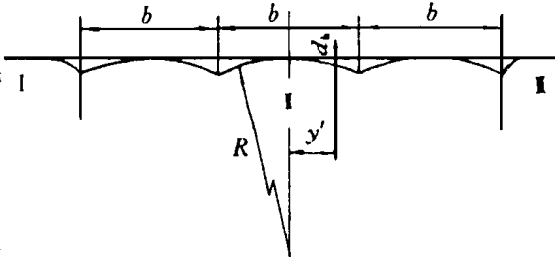


图3 工件超精时在导辊上的移动轨迹

$$\text{当 } \frac{b}{2} > y' \geq 0 \text{ 时} \quad d_h = R - \sqrt{R^2 - y'^2}, \quad (3)$$

$$\text{当 } b > y' \geq \frac{b}{2} \text{ 时} \quad d_h = R - \sqrt{R^2 - (b - y')^2}, \quad (3a)$$

$$\text{当 } \frac{3}{2}b \geq y' \geq b \text{ 时 } d_h = R - \sqrt{R^2 - (y' - b)^2} \quad (3b)$$

第Ⅲ段:已加工出母线为圆弧形的滚子,在油石压力作用下,切掉其微量的圆弧顶部,形成工件中段为直线,其两端为圆弧形的半凸的圆柱滚子,并径极细粒度油石的光整,形成圆度和粗糙度都极好的滚动工作表面^[13]

如果加工全凸形圆柱滚子,则导辊的工作部位只需第Ⅱ段即可^[13]

2 导辊的辊形设计

导辊的辊形是用来保证工件在一对异向倾斜放置的导辊组上(图4)移动时,能得到图3所示的运动轨迹,同时工件经油石超精研后形成凸度^[13]

当工件从导辊的喉截面位置移动到任一位置 y ,其运动轨迹应如图3所示,则导辊尺寸和运动轨迹的空间关系如图5^[13]

建立 $Ox'y'z'$ 坐标系

坐标原点 O 在两导辊喉截面中点联线 AA' 中心, OA 为 x' 轴方向,工件运动轨迹的水平投影为 y' 轴方向^[13] 则 $x'Oz'$ 平面垂直于工件轨迹平面^[13] $HA'A'$ 平面为通过导

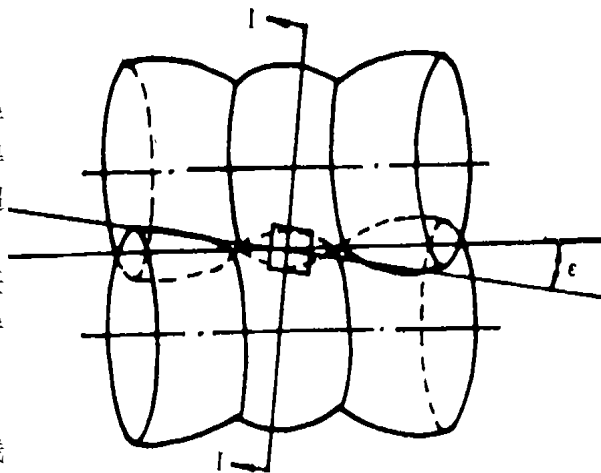


图4 工件在导辊组上的状态

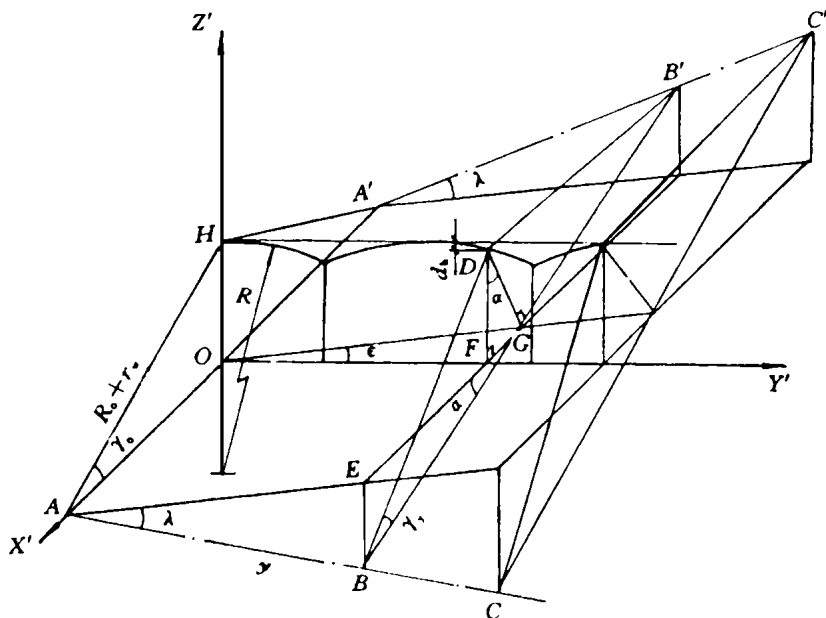


图5 工件运动轨迹与导辊尺寸的空间关系

辊喉截面中心与工件接触的法截面^[13]在法截面上导辊的截面为椭圆,其扁平率非常小,所以如近似为圆影响不大(图6)^[13]设导辊的轴线为 AB 及 $A'B'$,与水平面的夹角为 $+\lambda$ 及 $-\lambda$ (13)

导辊的喉截面半径为 R_o (13)

导辊的喉截面上与工件的接触角为 γ (13)

工件中心运动轨迹的圆弧半径为 R (13)

工件的半径为 r_w (13)

2.1 工件作圆弧运动时导辊辊形设计

为了直接求得在导辊轴线上从喉径中心 A 变到点 B 时导辊的半径值,设 $AB = y$,该截面上的导辊半径为 R_y (13)则

$$R_y = BD - r_w$$

由空间几何关系不难求得

$$R_y = \left\{ (y \sin \lambda)^2 + [(R_o + r_w) \cos \gamma_o]^2 + \left\{ \frac{(R_o + r_w) \sin \gamma_o - d_h}{\cos \left[\arctan \frac{y \sin \lambda}{(R_o + r_w) \cos \gamma_o} \right]} \right\}^2 \right\}^{\frac{1}{2}} - r_w \quad (4)$$

其中 $d_h = f(y, R, b, \epsilon)$ (13)角度 ϵ 是工件运动轨迹的水平投影与导辊轴线水平投影的夹角(13)

$$\sin \epsilon = \left(\tan \gamma_o - \frac{d_h}{(R_o + r_w) \cos \gamma_o} \right) \tan \lambda \quad (5)$$

当 $d_h = 0$ 时(在喉截面及轨迹上圆弧最高点)

$$\sin \epsilon = \tan \gamma_o \tan \lambda \quad (5a)$$

在简化计算时,常采用式(5-1)计算 ϵ 但有误差;若不按简化式而按式(5)计算又只能由 y 作变量,算出 R_y 之值(13)这对设计图上以导辊轴线上 y 值为变量标出 R_y 带来麻烦(13)为此须作出当已知 $r_o, \lambda, R, R_o, r_w$ 情况下的式(5)曲线图,以快速准确地完成计算(13)计算中取 $\epsilon = \epsilon$ 的近似精度远比取 $y = y$ 为高(13)

2.2 超精圆柱滚子直母线时导辊的辊形计算

为了保证圆柱滚子在作直母线超精研时能与导辊连续接触,并保持母线等高,则导辊应具有与超精滚子直径相耦合的理想曲面形状,但理想曲面加工困难,因此只能用与之形状偏差最小的考虑工件直径的准双曲面代替(13)

准双曲面体的方程为

$$X^2 + Z^2 - \beta \tan^2 \theta^2 = R_o^2 \quad (6)$$

其中 β 为考虑工件直径的影响系数,按下式计算:

$$\beta = \frac{1}{1 + \frac{r_w}{R}} \quad (13)$$

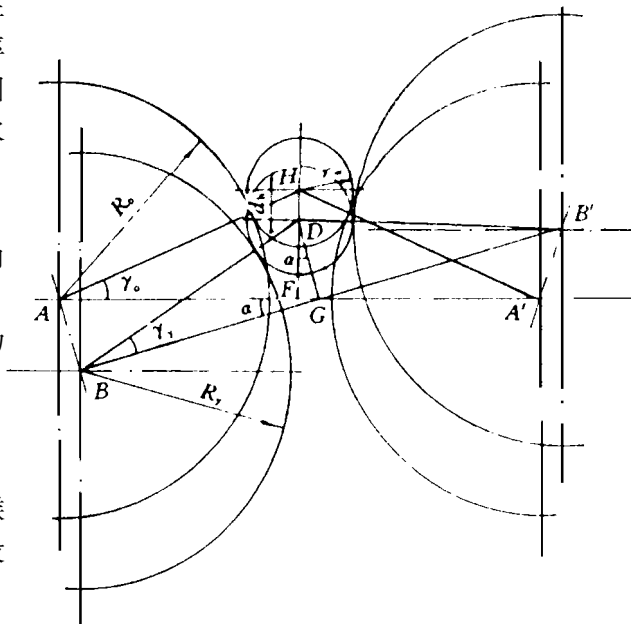


图6 按图4中1-1方向剖切视图

θ 为工件轴线与导辊轴线的夹角,

$$\tan \theta = \frac{\tan \lambda}{\cos \gamma \sqrt{1 - (\tan \gamma \tan \lambda)^2}} \quad (13)$$

而 $X^2 + Z^2 = R^2$, 所以有

$$R_y = (R_o^2 + R_{an}^2 \theta^2)^{\frac{1}{2}}. \quad (7)$$

按(7)式即可算出任意点 y 的双曲半径^[13]

3 简化设计

一对在垂直面内异向倾斜放置的导辊(图7),按 I—I 方向剖切,截面图形如图8,计算导辊的辊形尺寸时,按几何关系有

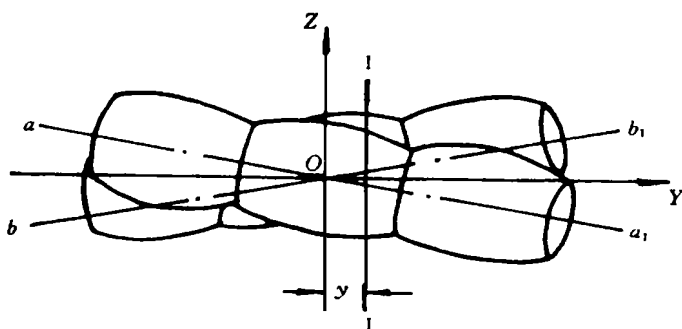


图7 一对异向倾斜放置的导辊

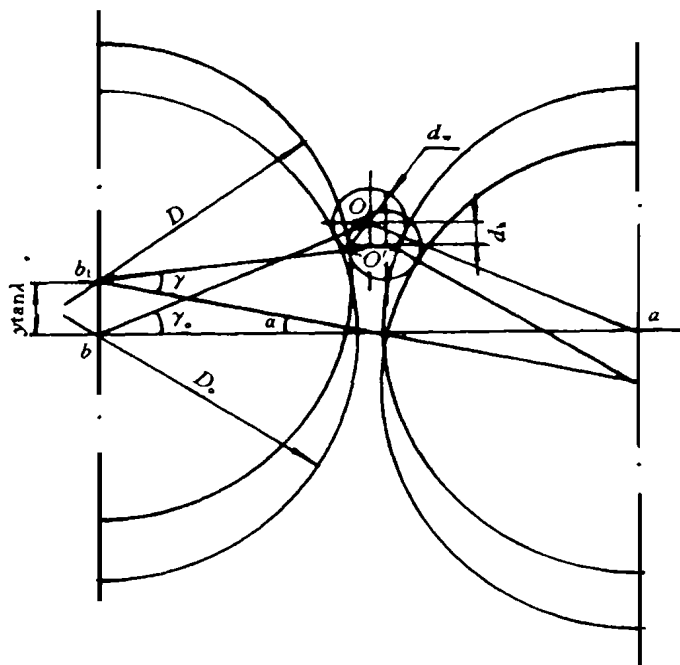


图8 图7中 I—I 方向剖切面

$$D/2 = (y \tan \lambda \sin \alpha^2 + [(1/2(D_o + d_w) \sin \gamma - d_h) / \cos \alpha^2 - d_w/2, \tag{8}$$

其中 $\alpha = \arctan \frac{2y \tan \lambda}{(D_o + d_w) \cos \gamma}$.

根据式(8),即可求出 y 坐标轴上对应点处的导辊型面直径 D ^[13]

按(8)式计算的导辊尺寸与德国 SK 636 导辊实物提供的数据基本吻合,最大不超过 0.001mm^[13]表 1 是根据以上建立的导辊形状设计计算数学模型,按正常法、简化法和日本东洋工业株式会社计算方法的计算结果与德国 SUPFINA 公司的 SK 636 导辊实物测绘尺寸对比表^[13]

表 1 导辊辊形计算结果对比						mm
设: $\lambda = 1.5^\circ$ $\gamma = 18^\circ$ $R = 500$ $R_o = 41$ $r_w = 2.25$ $b = 82$						
部位	计算点 y	R_y	R_y (简化法)	R_y (日)	R_y (德)	
凸	0	41.000	41.000	41.000	41.000	
	4	40.995	40.995	40.997	40.995	
	10	40.970	40.970	40.972	40.970	
	16	40.924	40.924	40.928	40.924	
	23	40.844	40.844	40.852	40.844	
	41	40.524	40.524	40.568	40.524	
	51	40.735	40.735	40.766	40.736	
	59	40.869	40.870	40.890	40.870	
	66	40.959	40.960	40.971	40.960	
	72	41.014	41.015	41.020	41.015	
	78	41.048	41.048	41.050	41.049	
	82	41.059	41.059	41.059	41.059	
	86	41.060	41.060	41.061	41.060	
	92	41.044	41.043	41.049	41.044	
	98	41.006	41.005	41.021	41.006	
峰	105	40.936	40.936	40.970	40.936	
	113	40.824	40.824	40.891	40.825	
	123	40.642	40.641	40.770	40.642	
双	143	41.179			41.179	
曲	265	41.611			41.611	

说明: R_y (德) 按 SK 636 实物测绘尺寸; R_y (日) 按日本东洋工业株式会社计算方法^[13]

4 结束语

- (1) 以测绘图纸为依据,建立了辊形设计计算数学模型,按此数学模型计算的辊形与德国 SUPFINA 提供的导辊形状十分近似¹⁹.
- (2) 根据拟定的工艺路线及特殊的加工设备可以制造出高精度的导辊¹⁹.
- (3) 圆柱滚子通过此导辊并经超精研可形成凸度,改善圆度,提高粗糙度¹⁹.
- (4) 用贯穿法加工圆柱滚子,精度好,效率好,是使圆柱滚子形成凸度的有效方法¹⁹.

(下转第 33 页)

Vector, Matrix Classes and Computer Graphics Programming

Chen Guohua

(Dept of Computer Science Guangdong Institute for Nationalities)

Abstract In this paper, the C++ OOP features are used to generalize and enrich the vector, and matrix classes introduced in reference [1] & [2]. And then they are utilized as powerful tools in computer graphics programming.

Key words OOP; template; class; vector matrix; computer graphics

(上接第27页)

参 考 文 献

- 1 孙元和, 郑远中, 孙锡炎 19超精研圆柱滚子凸度送料辊设计及制造工艺研究 19见:滚动轴承学术委员会学术论文, 1983
- 2 李煜伟, 郑远中 19MZ6220圆柱凸度滚子超精研机研究报告 19机械工业部轴承研究所, 1986
- 3 センタレス スル-フィード超仕上盤におけるクラウニング用キャリアロ-IV 19日本东洋工业株式会社 19昭和54年 19.

A Method for Superfinishing the Convex Cylindrical Rollers

Zhou Ermin

(Industrial Office)

Abstract This paper focuses on the building up of a mathematical model for the calculation of the shape design of guide rolls. By comparsion, the roll shape derived from this model and SK 636 made by the SUPFINA corporation of German have much in common. By super finishing the guide roll, the roller's convexity can be formed, which modifies its roundness and enhances its roughness.

Key words convex roller; superfinishing; guide roll; shape design of guide rolls