

# 外圆磨削的计算机模拟分析\*

贾生祥

(郑州工学院数力系)

**摘 要:** 本文建立了外圆磨削的仿真数学模型, 提出了外圆磨削的计算机模拟分析方法, 为外圆磨削的工艺参数的优化提供了有力的工具。

**关键词:** 外圆磨削, 计算机模拟, 参数优化。

**中图分类号:** TG58: TP39

磨削通常是机加工的最后工序, 其工艺参数的要求相当严格。以往对磨削工艺参数的确定都是采用实验的方法。这种做法往往是费时费力, 又不容易做到全面系统的研究分析。故而我们参照有关文献提出了外圆磨削的计算机模拟分析方法, 用来对外圆磨削工艺参数进行优化。这种新的方法省时省力, 系统精确, 并可大量节约实验费用。通过实例分析与《机械加工工艺手册》提供的一些数据比较, 比较结果说明本文提出的方法是优化外圆磨削工艺参数的有效工具。

## 1 计算机模拟分析原理

### 1.1 磨削表面磨粒的切削模型

如图 1 所示, 将工件表面划出  $m \times n$  个边长为  $a$  的正方形方格组成的磨削区域  $\Omega$ 。当磨粒沿运动轨迹切削区域内某方格  $(I, J)$  时, 则认为该方格  $(I, J)$  被磨粒切削一次, 其中  $I=1, 2, \dots, m, J=1, 2, \dots, n$ 。在磨削区域  $\Omega$  内, 设某方格  $(J, J)$  接受第  $K$  个磨粒切削次数为  $P_k(I, J)$ , 则磨具上参加切削该单位方格的频数为  $P(I, J) = \sum_k P_k(I, J)$ 。平均每方格被切削的频数  $P$ , 标准差  $E$  和变异系数  $C_r$  分别为:

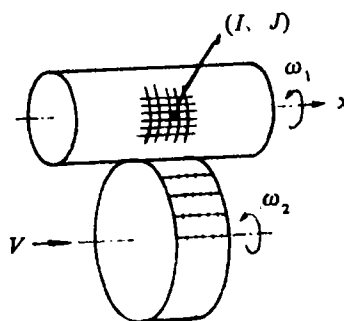


图 1

\* 省自然科学基金资助项目

收稿日期: 1993-12-14

$$P = \frac{1}{m \times n} \sum_{I=1}^m \sum_{J=1}^n P(I, J) \quad (1)$$

$$E = \sqrt{\sum_{I=1}^m \sum_{J=1}^n [P - P(I, J)]^2 / (m \times n - 1)} \quad (2)$$

$$C_v = E / P \quad (3)$$

式中  $P$  表示磨削表面单位面积上磨粒平均切削次数;  $E$  描述磨削表面各处切削频数的离散程度;  $C_v$  为衡量磨削表面磨粒切削均匀程度的参数, 称为变异系数。

显然,  $P$  值越大说明磨削效率越高,  $P$  值越小说明磨削效率越低。  $E$  和  $C_v$  越小说明工件表面质量越高, 越大说明工件表面质量越低。

## 1.2 磨削表面切削机率的计算机模型

为了能够进行有效的计算机模拟分析, 首先须要将砂轮上的磨粒磨削工件表面的磨削机率的数学模型建立起来。

如图 2 示, 砂轮与工件的瞬接触为一条线, 下一时刻的接触为另一条线。我们将砂轮与工件的接触离散为隔一定距离的线接触, 并假定在接触线上磨粒均匀分布, 相距为  $q$ 。

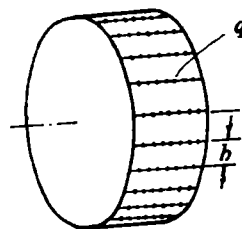


图 2

取第  $K$  条接触线上的第  $L$  个磨粒  $A_K^L$ , 那么它在磨削区域上的座标为:

$$x = VT_k - x_0 \quad (4)$$

$$S = \omega_2 \cdot T_k \cdot R_2 \quad (5)$$

式中  $V$  是纵进给速度,  $x_0$  为座标初始值,  $\omega_2$  为工件的转速,  $R_2$  为工件的半径。

$$T_k = 2\pi K / m_0 \omega_1 \quad K = 0, 1, 2, \dots, m_0, m_0 + 1, \dots \quad (6)$$

$$m_0 = \pi / \sin^{-1} \left( \frac{b}{2R} \right) \quad (7)$$

$\omega_1$  为砂轮的转速,  $R_1$  为砂轮的半径,  $b$  如图 2 上所示, 通常可取  $b = 1cm$ 。

式 (5) 中的  $S$  应为一周期函数, 具体处理办法可见程序框图。

在磨削区域内  $(x, s)$  与  $(I, J)$  之对应关系为:

$$I = \text{Int}[x/a] + 1 \quad (8)$$

$$J = \text{Int}[s/a] + 1 \quad (9)$$

式中  $\text{Int}$  为取整函数。

有了 (8)、(9) 式以后, 对于磨粒  $A_K^L$  从进入磨削区域开始, 到完全离开磨削区域, 该磨粒切削区域被各单位方格接受的频数  $P_K(I, J)$  将被计算出来。同样, 对每个参加切削的磨粒进行模拟切削频数计算, 便可得到整个磨削过程中磨削区域内任一单位方格被磨粒切削的频数  $P(I, J)$ , 进而通过 (1)、(2) 和 (3) 式计算出  $P$ 、 $E$  和  $C_v$ 。

下边是磨削表面磨粒切削频数的计算机模拟计算的运行框图 3。

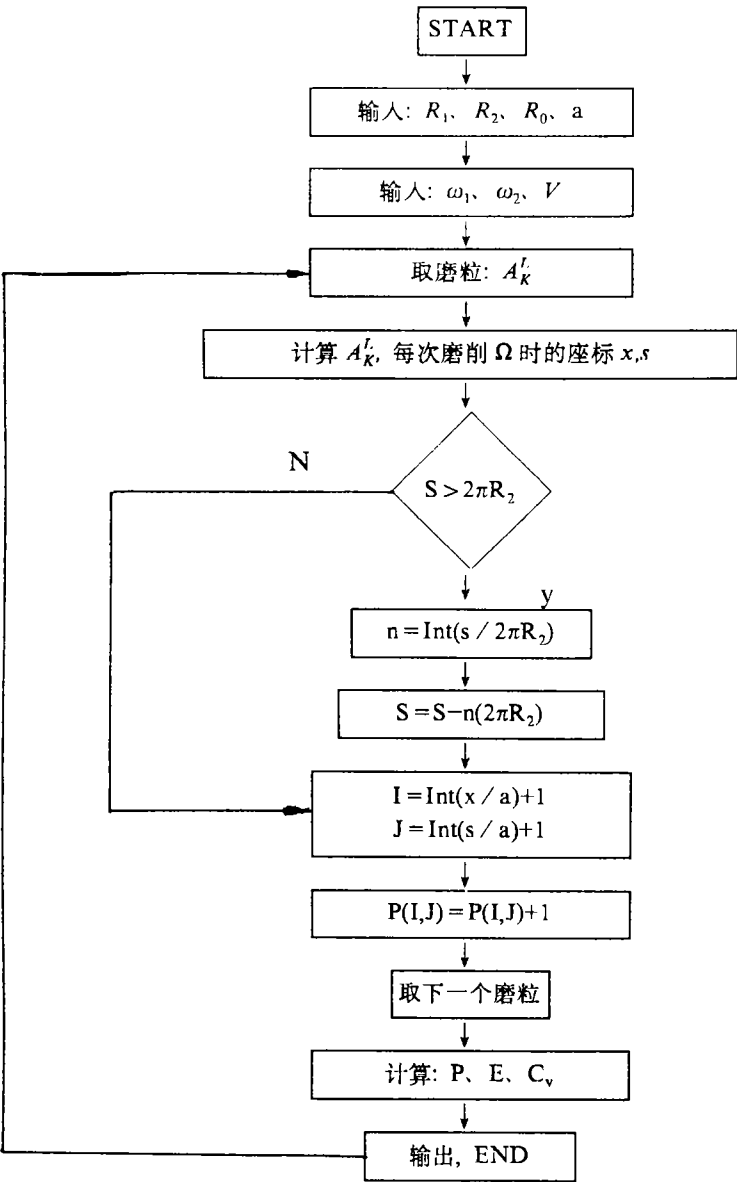


图 3

2 模拟分析实例与考证

从以上的叙述可以看出磨具结构参数及磨削运动参数对磨削效果的影响均可由计算机模拟进行分析，下边是计算实例。

当砂轮半径  $R_1 = 50\text{mm}$ ，工件半径  $R_2 = 25\text{mm}$ ，纵进给速度  $V = 30\text{mm/s}$ ，工件转速  $n_2 = 200\text{r/min}$  时  $P$  和  $C_v$  随砂轮转速  $n_1$  变化的规律如图 4a,b。

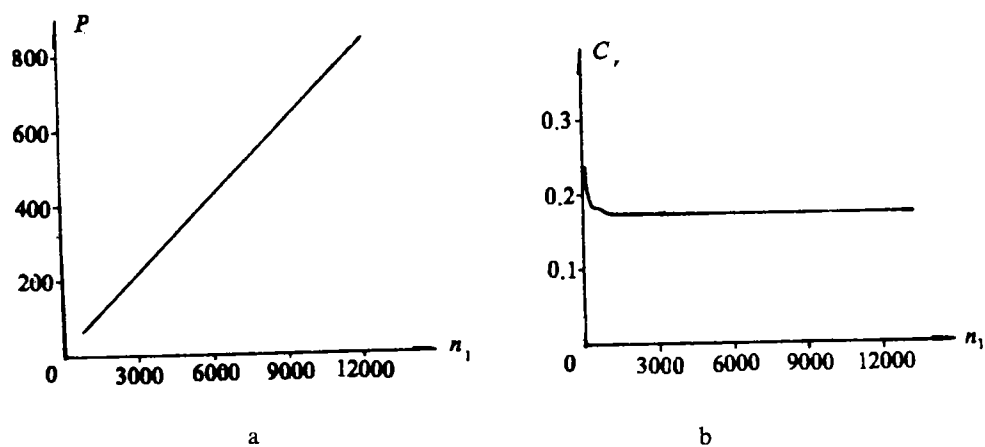


图4

从图上可以看出  $P$  随着  $n_1$  的增大而增大, 也就是随着砂轮转速的提高磨削效率也在提高;  $C_v$  当  $n_1 > 2000 \text{ r/min}$  时非常平稳, 保持在 0.15 左右。

当  $n_1 = 9000 \text{ r/min}$ ,  $V = 30 \text{ mm/s}$ ,  $R_1 = 50 \text{ mm}$ ,  $R_2 = 25 \text{ mm}$  时  $P$  和  $C_v$  随  $n_2$  的变化规律如图 5a、b。

从图上可以看出  $P$  基本上不随  $n_2$  变化;  $C_v$  当  $n_2 \geq 200 \text{ r/min}$  时保持平稳, 稳定 0.15 左右。

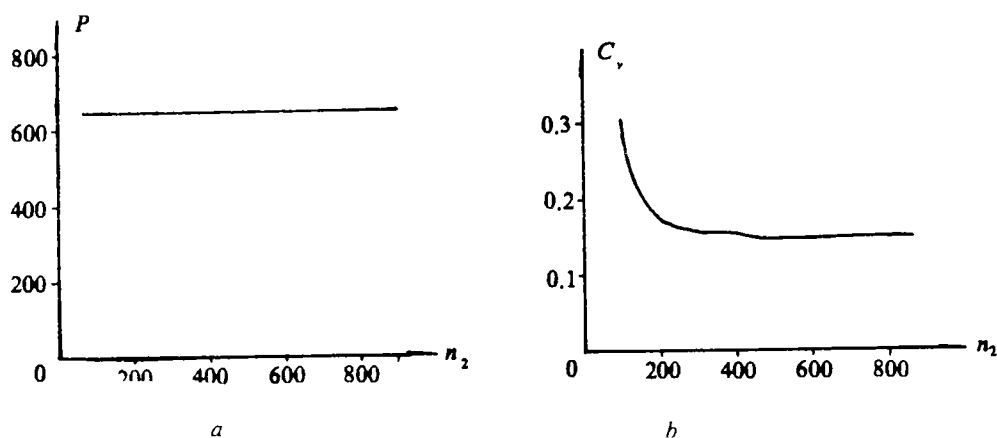


图5

当  $R_1 = 50 \text{ mm}$ ,  $R_2 = 25 \text{ mm}$ ,  $n_1 = 9000 \text{ r/min}$ ,  $n_2 = 200 \text{ r/min}$  时  $P$  和  $C_v$  随  $V$  变化的规律如图 6a、b。

从图上可以看出,  $P$  随着  $V$  的增大而迅速减小;  $C_v$  在当  $V = 10 \text{ mm/s} \sim 60 \text{ mm/s}$  之间时基本保持稳定, 稳定 0.14~0.18 之间, 随后  $C_v$  随  $V$  的增加迅速增加。

综上所述, 要保持  $C_v$  平稳要满足以下几个条件:

$n_1 > 2000 \text{ r/min}$

$$V < 60 \text{ mm/s}$$

$$n_2 \geq 200 \text{ r/min}$$

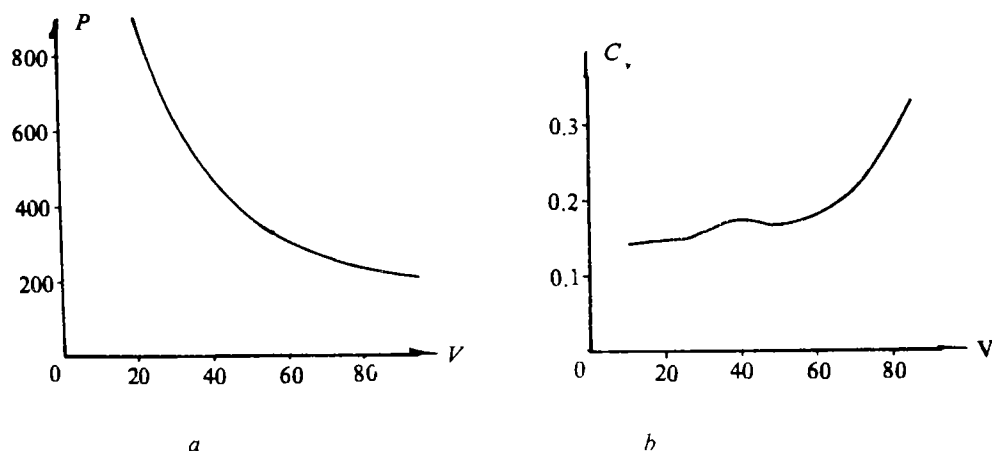


图6

考虑到在实际加工中要保持足够的加工效率,  $n_1$ ,  $n_2$  和  $V$  可能会有小范围的跳动, 以及过高的转速易于烧伤工件表面等因素, 可取  $n_1 = 9000 \text{ r/min}$ ,  $n_2 = 300 \text{ r/min}$ ,  $V = 30 \text{ mm/s}$  进行实际的磨削加工。此时的砂轮线速度  $V_s = 47.1 \text{ m/s}$ , 工件的线速度  $V_w = 0.785 \text{ m/s}$ ,  $V_s / V_w = 59.87$ 。这与《机械加工工艺手册》第二卷第 13—206 而所给出的高速外圆磨削钢材的磨削用量:  $V_w = 0.016 - 0.033 \text{ m/s}$ ,  $V_s = 45 \text{ m/s}$ ,  $V_s / V_w = 60 \sim 90$  基本吻合。

### 3 结 语

从上述和实例验证可见, 本文提出的外圆磨削的计算机模拟分析方法, 是分析外圆磨削机理和优化磨削工艺参数的有力工具, 它具有系统, 精确, 方便实用和节省实验费用等优点。

### 参 考 文 献

- 1 金有道. 石板材料端磨加工的计算机模拟分析. 磨料磨具与磨削. 1993.3.
- 2 白井英治. 切削磨削加工学. 机械工业出版社, 1982.2
- 3 孟少农. 机械加工工艺手册. 第二版, 机械工业出版社, 1991.9.

## Computer Analogue Analysis on Excircle Grinding

Jia Shengxiang

(Zhengzhou Institute of Technology)

**Abstract:** The paper et emulation mathematical model of excircle grinding, gave a effective method of optimization of excircle grinding technology parameter.

**Keywords:** excircal grinding, computer analogue, parameter optimization.