

# 挤出机螺杆加料段的优化设计

梁基照

(华南理工大学 工业装备与控制工程系, 广东 广州 510641)

摘要: 讨论了挤出机螺杆加料段的优化设计问题。以单位产量的能耗最小为优化目标, 建立简化的挤出机加料段螺杆优化设计的数学模型, 应用约束坐标轮换法求解, 螺槽宽度、螺槽深度和螺纹升角的最佳值均位于或接近文献中所建议的最佳取值范围。

关键词: 挤出机; 螺杆; 优化设计

中图分类号: T Q330. 4<sup>+</sup>4 文献标识码: B 文章编号: 1000-890X(2001)08-0489-03

对于普通单螺杆挤出机, 根据聚合物物料在挤出过程中的物理状态变化及对螺杆各部位的工作要求, 一般将其分成加料、熔融和计量 3 个区段。加料段的功能是对物料进行压实和输送, 其工作效能直接影响挤出机的生产能力和挤出过程的稳定性。然而, 与其它区段相比, 近年来有关固体输送区的研究较少<sup>[1~4]</sup>。前文<sup>[3]</sup>曾用解析法和实验结果分析方法讨论过加料段螺杆主要几何结构参数的优化。本工作将在此基础上作进一步的探讨。

## 1 数学模型的建立

### 1.1 理论分析

理论分析是基于目前仍为人们广泛接受的固体塞输送理论<sup>[5]</sup>。前文<sup>[4]</sup>曾指出, 影响加料段生产能力的主要几何结构参数有螺纹升角  $\theta$ 、螺槽深度  $H$  和螺槽宽度  $W$ 。加料段螺杆结构简图如图 1 所示。假定固体塞内无速度分布, 则其体积流动速率  $Q_s$  可表示为:

$$Q_s = \pi n H D_b (D_b - H) \frac{\tan \varphi \tan \theta_b}{\tan \varphi + \tan \theta_b} \cdot \frac{W}{W + e} \quad (1)$$

式中  $n$  —— 螺杆转速;  
 $\varphi$  —— 物料移动角;

作者简介: 梁基照(1953-), 男, 广东顺德人, 华南理工大学副教授, 博士, 主要从事高分子材料加工机械方面的研究和教学工作。

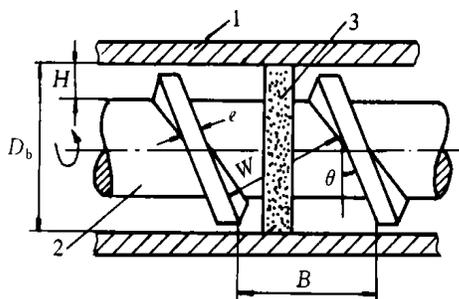


图 1 加料段螺杆结构简图

1—机筒; 2—螺杆; 3—固体塞

$W$ ——螺槽平均宽度;

$e$ ——棱顶宽度;

$D_b$ ——机筒内直径;

$\theta_b$ ——靠近机筒处的螺纹升角。

在固体输送过程中需要消耗相当多的能量, 它包括物料分别与机筒和螺杆表面因摩擦作用而消耗的能量以及因压力升高而消耗的能量。物料与两螺棱侧面因摩擦作用及因压力升高而消耗的能量相对较少, 为简便起见, 拟忽略之。

### 1.2 目标函数

以单位产量的能耗最小为优化目标。若忽略棱顶宽度 ( $e \ll W$ ), 则由上述分析可建立挤出机加料段螺杆优化设计的目标函数为:

$$f(x) = \frac{W_b (D_b - 2H)}{\cos \theta_b} \cdot \frac{\sin \theta_b + \sin \varphi}{\sin(\theta_b + \varphi)} \quad (2)$$

$$H (D_b - H) \frac{\tan \varphi \tan \theta_b}{\tan \varphi + \tan \theta_b}$$

式中  $W_b$  —— 靠近机筒处的螺槽宽度。



conveying[J]. Polym. Eng. Sci., 1991, 31(15): 1 117.

- [2] Rauwendaal C. Conveying and melting in screw extruders with axial screw movement[J]. Int. Polym. Process 1992, 11(1): 26.
- [3] 梁基照. 挤出机螺杆加料段几何参数的优化设计[J]. 轻工机械, 1994(4): 19.
- [4] 梁基照. 挤出机螺杆优化设计的基本理论与方法[J]. 塑

料机械 1995(3): 1.

- [5] Tadmor Z, Klein I. Engineering principles of plasticating extrusion[M]. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1970. 50.
- [6] Rauwendaal C. The ABC's of extruder screw design[J]. Adv. Polym. Technol., 1989, 9(4): 301.

收稿日期: 2001-02-03

## “无口型编织”法生产无芯钢丝编织胶管

中图分类号: TQ330.6<sup>+</sup>6; TQ336.3 文献标识码: B

传统无芯钢丝编织胶管生产中, 每层钢丝编织层编织时均采用口型, 钢丝张力在口型处大部分被抵消掉, 使得钢丝编织层难以与管体紧密结合。尽管技术人员尝试了多种特殊口型, 但效果均不理想。我厂另辟蹊径, 实现了“无口型编织”, 解决了上述问题, 使无芯钢丝编织胶管整体质量明显提高。

“无口型编织”法是在无芯钢丝编织胶管生产过程中, 编织第 2 和 3 层钢丝时不使用口型, 而将钢丝直接编织在第 1 编织层管体上的工艺方法。本方法的工艺要点如下。

(1) 提高内胶层管坯挺性, 确保半硫化管坯尺寸稳定。

内层胶配方中的补强剂最好采取低结构的通用炭黑和高耐磨炭黑并用, 也可用喷雾炭黑。通用炭黑和喷雾炭黑生热较低, 可适当增大填充量, 这样有利于提高挤出管坯的挺性, 减小其在半硫化时的热膨胀并获得较好的物理性能。

内层胶常选用耐油性性能优异的 NBR。NBR 品种较多, 根据经验, 应选择门尼粘度在 65 左右的品种。为了混炼方便, 可对 NBR 进行一段塑炼, 这样的混炼胶挤出工艺性能较好, 管坯的尺寸稳定性也较好。如果选择了门尼粘度较大的 NBR 品种, 易导致胶料的塑性值波动, 管坯挤出时的膨胀率变化大, 管坯尺寸, 特别是硫化后的管坯尺寸变化很大, 最突出的是管坯两端内径和壁厚明显增大。

(2) 第 1 编织层编织角度要保持中性角。

外径稳定的内胶层管坯和第 1 编织层是“无口型编织法”得以顺利实现的基础, 第 1 编织层编织角度保持中性角(54°44′)是关键。为了保证第 1 编织层结构不会在编织第 2 和 3 层

时发生较大变化, 先要在管体内充入一定压力的介质(水或空气)以保持其挺性和硬度。如果第 1 编织层编织角小于中性角, 充入介质后编织层外径会增大, 反之外径减小, 最终会导致胶管内径发生变化。

(3) 确定适宜的锭子张力和管内介质压力。

“无口型编织”对锭子的张力要求较严。锭子张力一般根据锭数、胶管规格、钢丝股数和第 1 编织管体内介质压力的情况来确定。第 1 编织层管体内压又要根据编织密度来确定, 以中胶层少许溢出第 1 编织层为宜, 不能溢出太多。弹簧张力要保证如下效果(中胶层胶片厚度和钢丝直径均为 0.3 mm):

$$D - D_1 = (1.8 \pm 0.2) \text{ mm}$$

式中  $D$  —— 第 2 或 3 编织层外径;

$D_1$  —— 被编编织层外径。

如果  $D - D_1$  小于 1.6 mm, 胶管内径就会变小或结构发生变化; 如果  $D - D_1$  大于 2.0 mm, 编织结构就过于松散而达不到预期效果。

锭子张力选择原则是: 少锭少股选择小张力; 多锭多股选择大张力; 小口径选择小张力; 大口径选择大张力。

通过采取以上措施, 编织第 2 和 3 层时放线比较整齐, 背股和打圈现象很少, 编织层平整均匀。因为钢丝直接束在管体上, 中胶层的胶料会缓慢溢入编织花纹缝隙, 从而使多层编织层形成一个致密坚固的整体。

通过成品解剖可见, 胶管剖面钢丝紧密整齐; 外胶环剥后未见明显的扩头和散丝现象; 内胶层与骨架层以及骨架层之间的粘合强度均大于  $25 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$ , 符合 GB/T 3683-92 的规定; 另外, 胶管的耐压强度和脉冲性能也都有显著提高。

(河南漯河市双龙液压胶管厂 文尚志供稿)