

基于 ANSYS/CFX 渐加速双螺杆设计及 三维流场分析

Design and 3D flow field analysis based on ANSYS/CFX stepwise acceleration twin screw

田 东 郭树国 王丽艳

TIAN Dong GUO Shu-guo WANG Li-yan

(沈阳化工大学机械与动力工程学院, 辽宁 沈阳 110142)

(College of Mechanical and Power Engineering, Shenyang University of Chemical
Technology, Shenyang, Liaoning 110142, China)

摘要:目的:提高双螺杆挤出机的混合效率和工作性能。方法:设计了一种内嵌行星轮系和安装捏合块的新型双螺杆挤出机,并用 SolidWorks 建立三维模型,以有限体积法为基础,用 ANSYS/CFS 有限元分析软件对其流道进行分析。获得其宏观压力图、速度矢量图、速度流线图并与传统双螺杆挤出机三维流场进行对比。结果:在行星轮系和捏合块的渐加速作用下,渐加速双螺杆挤出机的混合性能和工作效率要明显优于传统双螺杆,经计算渐加速型双螺杆比普通双螺杆提高 20%~25%。结论:渐加速双螺杆在不断加速的过程中使得物料在机筒内停留的时间变短,从而提高产量且减少耗能,捏合块的加入更使得物料可以得到更好的剪切。

关键词:双螺杆;ANSYS/CFS;渐加速;流场分析

Abstract: Objective: To improve the mixing efficiency and working performance of the new twin-screw extruder. **Methods:** A new twin-screw extruder with embedded planetary gear train and kneading block was designed. A three-dimensional model was established by SolidWorks, and the flow field analysis of the flow channel was performed by ANSYS/CFS finite element analysis software based on the finite volume method. The Macroscopic pressure diagram, velocity vector diagram, velocity flow diagram were gotten, which was compared with the traditional twin-screw extruder three-dimensional flow field. **Results:** Under the gradual action of the planetary gear train and the kneading block, the

mixing performance and working efficiency of the stepwise acceleration twin screw extruder were significantly better than those of the traditional twin screw. By calculation, the stepwise accelerated twin screw was 20% ~ 25% higher than the traditional twin screw. **Conclusion:** In the process of continuous acceleration, the gradual acceleration twin screw makes the residence time of the material in the barrel shorter o increase production and reduce energy consumption, and the addition of kneading block makes the material get better shearing.

Keywords: twin screw; ANSYS/CFX; gradual acceleration; flow field analysis

双螺杆挤出机具有可靠性高、自润能力强、残留物料少等优点,在食品加工、聚合物、化工、造纸等行业得到了广泛的应用^[1-3]。但随着食品材料的发展,对双螺杆挤出机提出了更为严格的要求^[4-5]。传统的双螺杆挤出机分布和混合效率相对较低,耗能较大,对某些材料进行加工时,挤出效率低,产品质量差^[6-9]。为了解决这些问题,许多学者对双螺杆挤出机做出了诸多改善和优化,但都只对某一方面进行了探究。如:田野等^[10]对同向双螺杆啮合块在不同转速下的分布混合与分散混合进行了研究,发现随着啮合块转速的提高,啮合块的轴向混合性能提高;王远等^[11]研究了捏合块元件的斜面旋转方向和捏合块的错位角等因素对流动中剪切速率、进出口压力差以及回流速度的影响,发现 4 种不同结构的捏合块在输送及混合性能方面都存在较大差异,在正向输送能力上,右旋正向捏合块更好,在分布混合性能上,左旋反向捏合块更好,并且正反向捏合块比左右旋捏合块在输送能力和混合性能上更优越;王建等^[12]以平均停留时间和功率为指标,在确保物料混合性能的前提下减少其能源消耗,

基金项目:辽宁省自然科学基金项目(编号:2022-MS-288,2021-MS-253,2019-ZD-0085)

作者简介:田东,男,沈阳化工大学在读硕士研究生。

通信作者:郭树国(1978—),男,沈阳化工大学副教授,博士。

E-mail: guoshuguo@126.com

收稿日期:2022-10-31 **改回日期:**2023-04-13

从而对 NE62 型双螺杆挤出机的螺杆组合结构进行了优化,研究表明,在混合段内存在多个混合元件且在混合区起始点附近,具有更长的平均停留时间和更低的能源消耗。

研究拟整合前人研究并引入行星轮系,使得双螺杆挤出机的混合效率和工作性能得以提高。以 SolidWorks 为三维建模平台,ANSYS/CFX 为仿真基础进行仿真模拟^[13],得出物料在优化后的渐加速双螺杆机筒中的运动和加工过程以及三维流场,并传统双螺杆挤出机进行对比,以期为提高双螺杆挤出机的混合效率和工作性能提供理论依据。

1 渐加速型双螺杆三维模型及流道模型参数

1.1 渐加速双螺杆三维模型

图 1 为渐加速型双螺杆三维模型,由两个完全相同的单螺杆组成,同向啮合且速度相同。单螺杆为双头螺杆,螺旋牙型为三角形,螺旋线方向为左旋,由普通输送段、加速混合段、加速输送段组成,螺杆总长 480 mm,内径 56 mm,外径 72 mm,螺距 30 mm,两螺杆中心距为 78 mm。加速混合段结构由双头、错位角为 90°、厚度为 10 mm 的 8 个捏合块组成,捏合块端面形状和螺杆端面形状一致,加速混合段和加速输送段分别内嵌行星轮系。

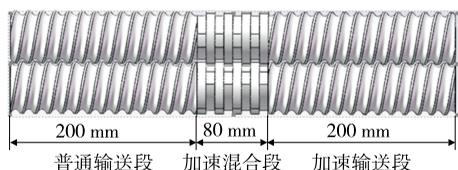


图 1 渐加速型双螺杆三维模型

Figure 1 Progressive twin-screw 3D model

1.2 渐加速型螺杆加速原理及齿轮设计参数

加速原理:行星轮系分别由太阳轮、行星轮、齿圈、行星架构成,其中太阳轮固定不动,齿圈与螺杆内壁固定,行星架通过中心轴与前一段螺杆连接获取转速使齿圈加速旋转,使得后一段螺杆转速相对于前一段螺杆转速增加,从而实现渐加速。加速输送段和加速混合段行星轮系如图 2 所示,齿轮设计参数见表 1。

1.3 有限元模型

将 SolidWorks 三维模型导入到 ANSYS/CFX 模块中,在 geometry 中进行填充和布尔操作得到其流道模型如图 3(a)所示,然后导入到 mesh 中进行四面体网格划分得到网格划分模型如图 3(b)所示,其节点数为 99 672,元素数 388 539,最后进行求解和结果分析。

2 数学模型和参数设计

2.1 仿真条件假设

仿真设置豆粕为试验材料。豆粕属于幂律流体中的



图 2 行星轮系

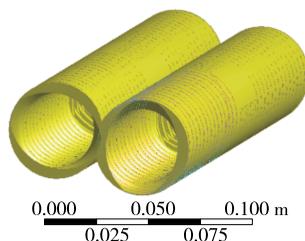
Figure 2 Planetary gear system

表 1 行星轮系各齿轮参数

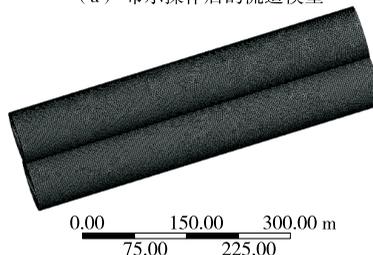
Table 1 Parameters of each gear of the planetary gear train

名称	压力角/(°)	模数/mm	齿数	齿顶高系数	顶隙系数
输送段太阳轮	20	1	20	1	0.25
输送段行星轮	20	1	10	1	0.25
输送段齿圈	20	1	40	1	0.25
混合段太阳轮	20	1	10	1	0.25
混合段行星轮	20	1	10	1	0.25
混合段齿圈	20	1	30	1	0.25

膨胀流体^[14],是非牛顿流体中的一种,其流体黏度随剪切速率的增加而增加且不可被压缩,根据相关理论对流场进行设定,流体完全充满流道且为等温层流状态。机筒温度设置为 100 °C,机筒设为固定。



(a) 布尔操作后的流道模型



(b) 网格划分后流道模型

图 3 流道模型

Figure 3 Runner model

2.2 流场边界条件及数学模型

根据 SYSLG30-IV 型双螺杆挤出机设置边界条件:

- (1) 普通输送段螺杆转速为 $n_1 = 120 \text{ r/min}$ 。
- (2) 螺杆和捏合块表面无滑移^[15], 机筒转速为 0。
- (3) 加速混合段转速传动比为 $3/2$, 加速输送段传动比为 $4/3$ 。

根据双螺杆挤出机的实际工作条件设立方程求三段螺杆的转速

$$\beta_1 + \alpha\beta_2 = (1 + \alpha)\beta_3, \quad (1)$$

式中:

β_1 ——太阳轮转速, r/min ;

β_2 ——齿圈转速, r/min ;

β_3 ——行星架转速, r/min ;

α ——太阳轮齿轮和齿圈的传动比。

由于三段螺杆共用一根传动轴, 所以只需求得行星轮的传动比和给定的普通输送段的转速, 即可得到三段的转速。将边界条件(1)、(2)、(3)分别代入式(1)计算得出加速混合段转速为 180 r/min , 加速输送段为 240 r/min 。

根据假设流体不可被压缩, 在流道中的运动可以当作层流, 忽略惯性和体积力, 简化方程为:

连续方程可简化为:

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0. \quad (2)$$

运动方程为:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z}, \quad (3)$$

$$\frac{\partial p}{\partial y} = \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z}, \quad (4)$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z}. \quad (5)$$

幂律流体本构方程为:

$$\tau = \mu \dot{\gamma}^n, \quad (6)$$

式中:

V ——速度矢量, m/s ;

V_x, V_y, V_z —— x, y, z 轴的速度分量, m/s ;

τ_{ij} ——直角坐标系下剪切应力的矢量(下角标 i, j

分别表示为 x, y 轴);

P ——静压力, Pa ;

$\dot{\gamma}$ ——剪切速率, s^{-1} ;

μ ——物料黏度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$;

n ——幂律指数。

联立式(2)~式(6)即可得出流道的压力场和速度场。

3 流场特性分析

3.1 压力场分析

螺杆的压力场可以直观地表达出螺杆的压力分布。螺杆左侧为进料口, 右侧为出料口, 由图 4 可以看出, 两

种螺杆的压力都是沿着物料挤出方向逐渐增加, 在出料口处压力达到最大, 这符合螺杆挤出原理。

普通双螺杆压力分布均匀, 且边界处规整, 说明物料在螺杆的作用下被均匀挤出且不存在回流。而渐加速型螺杆整体压力则是先缓慢增加后急剧增加且压力边界位置呈波浪形, 先缓慢增加是由于啮合块的加入, 捏合块本身没有建压能力, 只能通过普通输送段提供的挤出力才能将物料向前推进, 这就导致物料能够在加速转动的捏合块处得到充分的混合和剪切。后急剧增加是由于物料在被运输到加速输送段时, 螺杆转速变大, 建压能力增强, 物料被快速挤出。压力边界呈波浪形是因为出现了物料回流, 导致物料被重复剪切, 提高物料的混合性能。螺杆出料口和进料口的压力差可以反映一个螺杆运输能力的强弱, 从图 4 螺杆不同颜色的对应压力值可以计算得出, 普通螺杆的压力差为 4.447 MPa , 而渐加速型螺杆的压力差为 12.362 MPa , 可以判定渐加速螺杆的运输能力强于普通螺杆。

3.2 速度场分析

3.2.1 速度矢量分析 从图 5 可看出, 物料在机筒内的运动方向总是和螺杆转向一致, 这是物料可以被挤出的保证, 在普通双螺杆中, 物料的速度较小且基本保持不变, 说明物料在机筒内由螺杆均匀缓慢挤出, 但不利于物料的混合剪切。在渐加速型双螺杆中物料速度呈阶梯状上升, 是由于在行星轮系的加入下混合段和输送段转速被突然提高, 转速的提高相当于减少了物料行进的导程, 使得物料被快速挤出, 提高工作效率。螺杆中间段, 物料速度增加较少的原因是啮合块不具备输送能力, 只有混合剪切的功能, 物料只能由前一输送段建立的输送能力

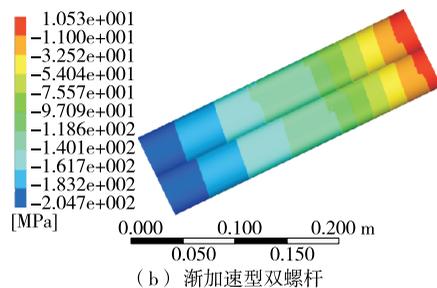
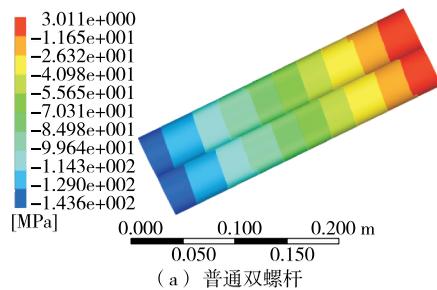


图 4 螺杆压力场对比图

Figure 4 Screw pressure field comparison diagram

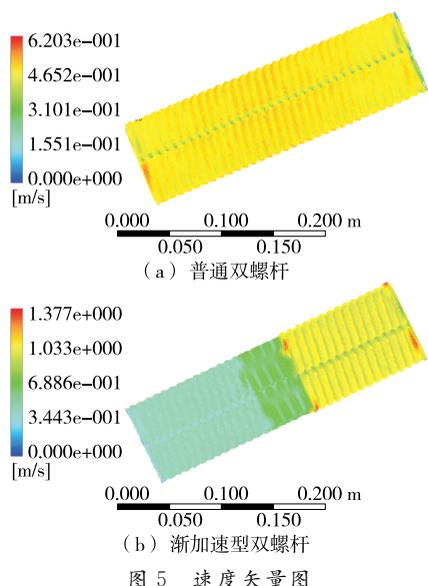


Figure 5 Velocity vector graphics

向前挤出,这也导致物料在这一阶段被转速提高的捏合块不断混合剪切,使其分布混合性能得以提高。

从图 6 可以看出,物料运动方向以及分散程度,普通螺杆中,物料方向一致且沿着螺杆转动方向均匀转动,无明显分布混合。在渐加速双螺杆中,物料沿着螺杆转动呈散布状,且在两螺杆中间处交汇频繁,表明物料可以被更好地混合剪切。

3.2.2 轴向速度对比 从图 7 可以看出,渐加速型双螺杆和普通双螺杆在螺杆轴向距离 < 0.1 m 时,两种螺杆的轴向速度几乎相同,表明在普通输送段两种螺杆的速度并无明显差别。在螺杆轴向距离 > 0.1 m 时,渐加速型双螺杆比普通双螺杆速度增加且呈梯形上升,表明渐加速

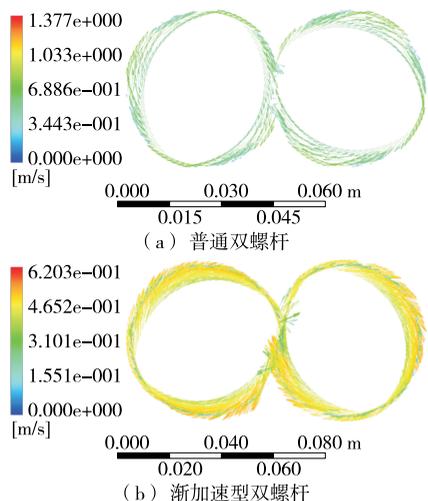


Figure 6 Velocity vector graphics in (0, 0, -230) mm local plan diagram

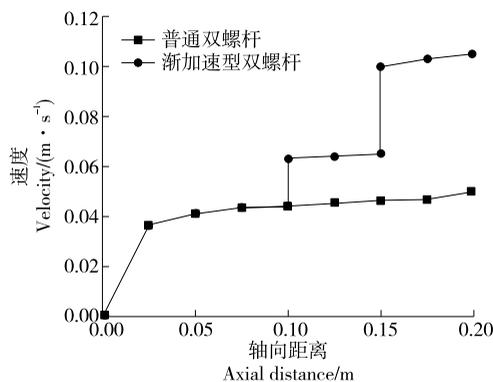


Figure 7 Comparison of screw axial speeds

双螺杆能够更快的运输和混合物料,从而提高了普通双螺杆挤出机的挤出性能。

3.2.3 速度流线分析 如图 8 所示,普通双螺杆的速度流线是均匀分布且无间断的,说明物料在螺杆的作用下被缓慢挤出且不存在拉伸剪切,相对于普通双螺杆,渐加速型双螺杆速度流中间段断断续续且杂乱分布,表明物料在混合段被打断了原本的运动状态,不断地被拉伸剪切。且加速输送段速度变大,提高了螺杆的工作效率。为了更直观地观察两种螺杆的速度流线情况,截取了同一位置两种螺杆的速度流线的截面图,如图 9 所示,渐加速型双螺杆由于其啮合块的加入,在螺棱处可以对物料进行充分挤压混合,提高了混合性能。

4 试验验证

为了保证理论分析的严谨性,验证模拟仿真结果在实际生产中的可行性,需要对理论结果进行试验分析。选择 SYSLG30-IV 型双螺杆挤出机作为试验设备。根据

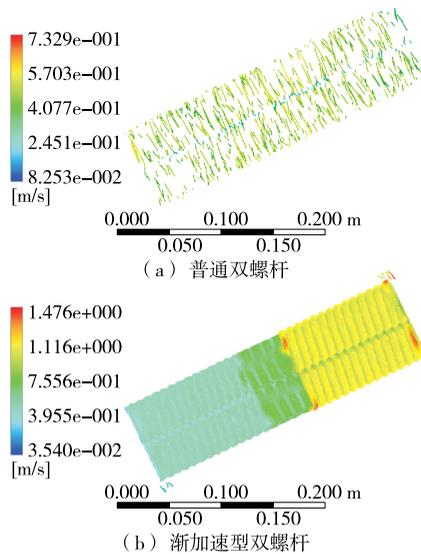


Figure 8 Velocity streamlined graph

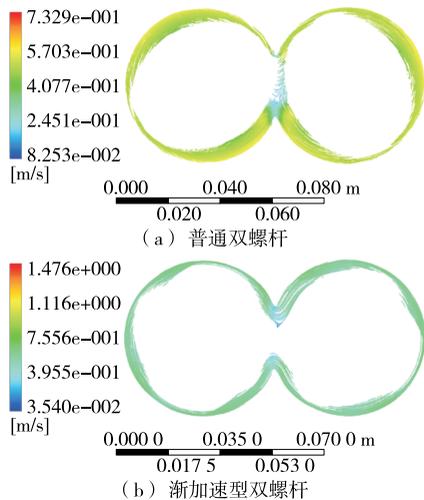


图 9 双螺杆速度流线在(0,0,-240)mm 的局部平面图
Figure 9 Local plan of the twin screw speed streamlined at (0, 0, -240) mm

螺杆挤出机实际工作条件,把电机安装在进料口,并在电机处安装电表计量电机功耗情况,将机筒温度设置为 80 ℃,进料速度 10 kg/h,试验材料采用豆粕。分别记录渐加速型双螺杆挤出机和普通双螺杆挤出机在相同工作环境以及电机功耗相同的条件下,螺杆转速在 90, 105, 120, 135, 150 r/min 时挤出产量,通过比较螺杆挤出量来比较双螺杆的运输性能,记录结果如图 10 所示。

由图 10 可以看出,随着螺杆转速的提高,螺杆挤出量不断增加,表明螺杆转速是对挤出量产生影响的一个重要因素,在相同的工作状态和电机耗能的情况下,渐加速型双螺杆挤出机的挤出量比普通单螺杆挤出机高。把每组渐加速双螺杆和普通双螺杆的挤出量代入式(7),计算每组提高产量百分比取其平均值,得出渐加速型双螺杆产量比普通双螺杆提高约为 22%。由此可知,渐加速型双螺杆可以提高挤出量和工作效率。

$$k_2 = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%, \quad (7)$$

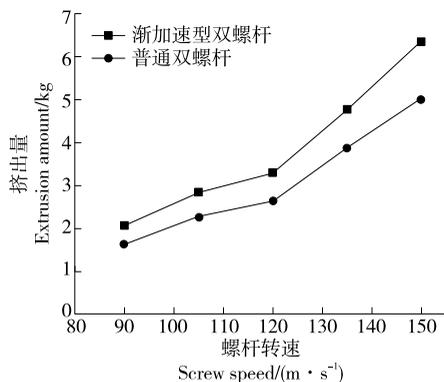


图 10 两种螺杆在不同转速下的挤出量对比
Figure 10 Comparison of extrusion volumes of two screws at different speeds

式中:

k_2 ——提高产量百分比,%;

m_1 ——渐加速型双螺杆挤出量,kg;

m_2 ——普通双螺杆挤出量,kg。

5 结论

普通双螺杆在引入了加速混合段和加速输送段后,加速旋转的捏合块使得物料可以被充分剪切,使得物料被快速挤出,双螺杆挤出机混合性能和工作效率提高 20%~25%。双螺杆挤出机由于其不同的工作环境以及物料,使得螺杆挤出机实际的工作环境更加复杂,对螺杆挤出机的转速要求也更高,研究只是提出对于普通螺杆挤出机的设计,对于行星轮系传动比怎样选择才能使得加速混合段、加速输送段的速度达到最优,螺杆是否可以设置多个加速混合段和加速输送段,还需要深入研究。

参考文献

- [1] 么迎辉, 冯永红, 吴海军. 双螺杆挤出机生产工艺改进研究[J]. 中国设备工程, 2021(10): 118-119.
MO Y H, FENG Y H, WU H J. Research on the improvement of production process of twin screw extruder [J]. China Plant Engineering, 2021(10): 118-119.
- [2] 张志旋, 谭寿再, 杨卫波, 等. 同向差速双螺杆引入扰动环元件制备 PP/ABS 复合材料[J]. 工程塑料应用, 2021, 49(5): 63-68.
ZHANG Z X, TAN S Z, YANG Z B, et al. Preparation of PP/ABS composites by introducing perturbation-ring element into dual-speed co-rotating non-twin screws channels[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(5): 63-68.
- [3] 杨华明. 双螺杆挤出机螺杆特性及其应用[J]. 中国制造业信息化, 2011, 40(9): 70-73, 76.
YANG H M. Twin screw extruder screw characteristics and its application[J]. Machine Design and Manufacturing Engineering, 2011, 40(9): 70-73, 76.
- [4] 沈美震, 任建民, 朱向哲, 等. 新型偏心啮合盘元件的混沌混合特性[J]. 工程塑料应用, 2020, 48(3): 83-91.
SHEN M Z, REN J M, ZHU X Z, et al. Chaotic mixing characteristics of new eccentric kneading disc element [J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(3): 83-91.
- [5] 张雪晨, 张丽梅, 黄志刚, 等. 啮合同向双螺杆挤出机不同螺杆构型对其流场的影响[J]. 食品与机械, 2022, 38(4): 99-103, 206.
ZHANG X C, ZHANG L M, HUANG Z G, et al. Influence of different screw configurations on the flow field of intermeshing co-rotating twin-screw extruder[J]. Food & Machinery, 2022, 38(4): 99-103, 206.
- [6] 许寒飞, 李扬, 何煦, 等. 同向双螺杆挤出机常用螺纹元件及组合方式研究分析[J]. 信息记录材料, 2022, 23(7): 23-27.
XU H F, LI Y, HE X, et al. Research and analysis of common screw elements and combination methods of co-rotating twin-screw

- extruders[J]. Information Recording Materials, 2022, 23(7): 23-27.
- [7] 栗阳, 王振文, 吴敏. 双螺杆挤出机流道流场和操作参数的数值模拟研究进展[J]. 食品工业科技, 2021, 42(2): 338-344.
LI Y, WANG Z W, WU M. Research progress on numerical modeling of flow field and operating parameters in twin screw extruder[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(2): 338-344.
- [8] 李成, 薛晓俊, 胡建树, 等. 啮合同向双螺杆挤出机结构参数对混合关键参量的影响[J]. 兵工学报, 2022, 43(10): 2 640-2 648.
LI C, XUE X J, HU J S, et al. Influence of structural parameters of intermeshing co rotating twin screw extruder on key mixing parameters[J]. Acta Armamentarii, 2022, 43(10): 2 640-2 648.
- [9] 王贺祥, 彭炯, 葛震, 等. 双螺杆挤出过程数值模拟研究进展[J]. 中国塑料, 2020, 34(9): 96-102.
WANG H X, PENG T, GE Z, et al. Research progress in numerical simulation of twin-screw extrusion process[J]. China Plastics, 2020, 34(9): 96-102.
- [10] 田野, 樊瑜瑾. 双螺杆中啮合块、螺杆元件混合过程及混合性能的研究[J]. 塑料科技, 2020, 48(1): 5-9.
TIAN Y, FAN Y J. Study on mixing process and mixing performance of meshing block and screw element in twin screw[J]. Plastics Science and Technology, 2020, 48(1): 5-9.
- [11] 王远, 马秀清. 新型捏合盘元件不同螺杆构型混合性能的数值模拟[J]. 橡塑技术与装备, 2016, 42(12): 63-67.
WANG Y, MA X Q. Numerical simulation of mixing performance for different screw configuration of new kneading disc element[J]. China Rubber/Plastics Technology and Equipment, 2016, 42(12): 63-67.
- [12] 王建, 王浩男, 许丽杰, 等. NE62 和 BE65 型双螺杆挤出机性能模拟比较分析[J]. 塑料, 2017, 46(5): 23-26.
WANG J, WANG H N, XU L J, et al. Comparative analysis of the performances of NE62 and BE65 Twin screw extruders by numerical simulation[J]. Plastics, 2017, 46(5): 23-26.
- [13] 汤霖森, 郭树国, 王丽艳, 等. 基于 CFX 的同轴变速双螺杆挤出机三维流场分析[J]. 食品与机械, 2021, 37(11): 77-80, 192.
TANG L S, GUO S G, WANG L Y, et al. Three-dimensional flow field analysis of coaxial variable speed twin-screw extruder based on CFX[J]. Food & Machinery, 2021, 37(11): 77-80, 192.
- [14] 郭树国, 韩进, 王丽艳. 带有反向捏合块的双螺杆挤出机三维流场分析[J]. 饲料工业, 2017, 38(9): 16-19.
GUO S G, HAN J, WANG L Y. 3D flow field analysis in twin screw extruders with reversed kneading blocks[J]. Feed Industry, 2017, 38(9): 16-19.
- [15] 于淼, 郭树国, 王丽艳. 二阶非对称双螺杆挤出机三维仿真[J]. 食品与机械, 2021, 37(5): 111-114.
YU M, GUO S G, WANG L Y. Three dimensional simulation analysis of second order differential twin screw extruder[J]. Food & Machinery, 2021, 37(5): 111-114.
-
- (上接第 91 页)
- [6] 陶玉琼. 我国生鲜产品跨境电商的现状! 风险及监管对策[J]. 对外经贸实务, 2018(8): 37-40.
TAO Y Q. The current situation of cross-border e-commerce for fresh products in China! Risks and regulatory measures[J]. Foreign Economic and Trade Practice, 2018(8): 37-40.
- [7] 邵白. 提升检测技术水平, 保障进出口食品安全[J]. 食品安全质量检测学报, 2015(11): 4 271-4 272.
SHAO B. Improving the level of testing technology to ensure the safety of imported and exported food[J]. Journal of Food Safety and Quality Testing, 2015 (11): 4 271-4 272.
- [8] 梁金钢, 秦国荣. 共治追求下的食品安全监管权转型之道[J]. 食品与机械, 2022, 38(7): 99-104, 248.
LIANG J G, QIN G R. The way to transform food safety supervision under the pursuit of co-governance [J]. Food & Machinery, 2022, 38(7): 99-104, 248.
- [9] 张慧敏. 食品安全跨国监管法律问题研究[D]. 沈阳: 辽宁大学, 2014: 3-8.
ZHANG H M. Research on legal issues of cross border supervision of food safety[D]. Shenyang: Liaoning University, 2014: 3-8.
- [10] 江虹, 赵羚男. 食品安全国际多边合作的经验教训及其启示[J]. 江西社会科学, 2015(9): 172-178.
JIANG H, ZHAO L N. Lessons learned and inspirations from international multilateral cooperation on food safety [J]. Jiangxi Social Sciences, 2015(9): 172-178.
- [11] 姜顶, 陈文华. 法国食品安全标识制度体系及启示[J]. 食品与机械, 2023, 39(3): 61-65.
JIANG D, CHEN W H. French food safety labeling system and its enlightenment[J]. Food & Machinery, 2023, 39(3): 61-65.
- [12] 蔡士琴. 中国食品安全风险嵌入式治理模式的构建[J]. 食品与机械, 2022, 38(11): 86-88, 135.
CAI S Q. Construction of an embedded governance model for China foods limited's food safety risks[J]. Food & Machinery, 2022, 38(11): 86-88, 135.
- [13] 王彦炯, 郑永利. 法国生态农业标签制度发展现状及我国农产品质量认定管理发展的启示和建议[J]. 中国食物与营养, 2020, 26(1): 21-23.
WANG Y J, ZHENG Y L. The current development status of ecological agricultural labeling system in France and the inspiration and suggestions for the development of agricultural product quality certification management in China[J]. China Food and Nutrition, 2020, 26(1): 21-23.
- [14] 加强源头管控 确保进口食品安全[J]. 中国食品学报, 2020, 20(7): 43.
Strengtheningsource control to ensure the safety of imported food [J]. Journal of China Foods Limited, 2020, 20(7): 43.