

橡胶冷喂料排气挤出机设计研究

谭开顺, 赵勇飞, 艾卫民

(桂林泓成橡塑科技有限公司, 广西 桂林 541004)

摘要:介绍橡胶冷喂料排气挤出机的结构, 并分析其工作原理。根据以流体输送理论为基础的橡胶挤出理论, 推导排气挤出机流量和压力公式。根据挤出理论及导出的相关公式指出影响排气挤出机产量和挤出压力的关键因素, 并进一步讨论了橡胶冷喂料排气挤出机的螺杆设计原则。

关键词:橡胶; 冷喂料; 排气挤出机; 挤出理论; 螺杆设计

中图分类号: TQ330.4⁺4 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-890X(2012)08-0499-04

挤出成型是橡胶加工的一种广泛应用方式。橡胶在挤出过程中, 因为橡胶配方中的水分、易挥发物等会因温度升高而挥发汽化, 同时, 橡胶从喂料口进入挤出机时也会裹带入气体, 所以挤出的制品常带有气孔, 这些气孔会对硫化后的橡胶产品质量造成不良影响, 尤其对胶管、密封条和发泡绝热材料等无模具硫化产品质量影响严重。研究开发可在挤出过程中对胶料抽真空的冷喂料排气挤出机具有实际意义。

1 结构

橡胶冷喂料排气挤出机是在橡胶冷喂料挤出机的基础上发展而来的, 其基本结构与橡胶冷喂料挤出机相似, 但在螺杆上增加了具有排气功能的工作螺纹, 在机筒上增加了抽真空的排气段。排气式挤出机发展至今, 出现了许多不同的结构形式。单螺杆排气挤出机更常见应用于塑料挤出^[1]。橡胶冷喂料排气挤出机与塑料排气挤出机结构相似, 但由于橡胶比塑料更难塑化, 且挤出过程中橡胶的粘度比塑料更高, 橡胶挤出机的驱动功率更大, 螺杆承受的扭矩也大, 因此橡胶冷喂料排气挤出机更多地采用相对简单、强度好的单螺杆二阶排气结构, 如图1所示。

橡胶冷喂料二阶排气挤出机实际上可看成是由一套电机减速机驱动的一根螺杆组成的两段橡胶挤出机。其中, 从喂料口至排气口为冷喂料挤

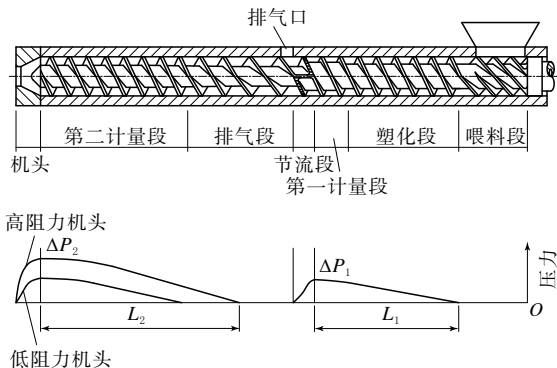


图1 橡胶冷喂料排气挤出机结构及压力曲线

出机, 主要作用是冷喂料、塑化橡胶、定量供给第二段挤出机塑化好的胶料; 从排气口至机头为热喂料挤出机, 主要作用是对第一段挤出机送来的胶料抽真空排除气体, 并将排除气体后的胶料输送到机头压出成型。

图1所示排气螺杆的工作螺纹部分主要由喂料段、塑化段、第一计量段、节流段、排气段、第二计量段组成。其中, 喂料段、塑化段、第一计量段和节流段组成第一阶螺杆, 排气段和第二计量段组成第二阶螺杆。螺杆各部分功能如下。

(1) 喂料段为双头或四头大导程螺纹, 配合喂料段机筒上的旁压辊, 将常温状态橡胶胶片或胶条连续、稳定地喂入挤出机机筒并向前输送。

(2) 塑化段完成对常温喂入的胶料进行塑化和输送。

(3) 第一计量段将塑化好的胶料稳定地压缩并输送到节流段。

(4) 节流段与机筒配合相当于第一段挤出机

的机头,其主要功能为:①配合第一计量段,控制第一段挤出机的挤出量,使其合适地进入第二段挤出机,以避免过多胶料进入第二段挤出机,因机头压力过高致使排气口溢料,或太少胶料进入第二段挤出机,因机头压力过低致使挤出产量过低;②将第一段挤出机的胶料分成细条进入第二段挤出机。细条状胶条的表面面积增大,使胶料内气体更容易溢出并在进入排气段后由真空泵从排气口抽出。

(5)排气段为大导程、深螺槽的工作螺纹。从节流段输送来的胶料细条进入排气段后,在大导程、深螺槽的排气段因螺槽容量突然增大数倍,胶料只填充部分螺槽,胶料压力降低,在接通真空泵的情况下,该段压力低于大气压,已经塑化加热的胶料内部气体溢出,由真空泵从机筒排气口抽出。

(6)第二计量段一般为双头螺纹,螺槽容积应由排气段向机头方向逐渐缩小,逐渐建立机头压力。在靠近机头部分为等深等距螺纹,使机头压力稳定,实现稳定挤出。

第二计量段的螺纹导程、螺槽深度及螺纹工作部分长度与第一计量段螺纹、节流段的流量压力特性以及挤出机机头的流量压力特性等因素有关,直接决定排气挤出机能否实现正常工作(排气口不溢料)、稳定挤出(机头压力稳定且制品尺寸稳定)以及较高的挤出效率(产量)。

2 挤出理论

橡胶排气挤出机可看成是由一段冷喂料挤出机和一段热喂料排气挤出机共同构成的挤出机,因此,可适用一般橡胶挤出理论。

文献[2]对应用于橡胶挤出的两个基本理论进行了介绍,给出了按固体输送理论和流体输送理论的相关计算公式。由于在挤出过程中,胶料在螺槽中的实际运动状态与固体输送理论的假设条件相差太大,更接近于流体输送理论,因此,本工作基于流体输送理论对排气挤出机进行讨论。

基于流体输送理论,影响挤出机体积流量(Q)的胶料在螺槽内的流动为正流(Q_d)、逆流(Q_p)和漏流(Q_L),如图2所示,其中,正流为螺槽壁推动胶料熔融体往机头方向的运动,逆流为机头压力使胶料熔融体在螺槽内向机头反方向的运

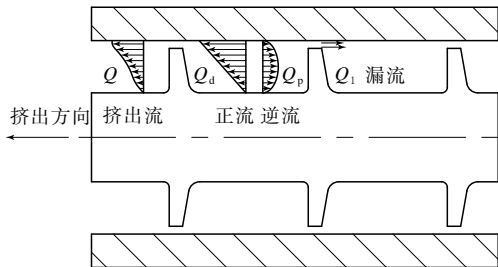


图2 胶料在螺槽内的流动示意

动,漏流为机头压力使胶料熔融体沿机筒内壁与螺杆螺棱顶部的间隙的反向流动。

胶料在螺槽内的 Q 可表示为

$$Q = Q_d - Q_p - Q_L \quad (1)$$

根据流体输送理论可推导出^[2]:

$$Q = \frac{\pi n D H (t - ib) \cos^2 \theta}{2} - \frac{H^3 (t - ib) \cos \theta \sin \theta}{12 \mu} \frac{\Delta P}{L} - \frac{\pi^2 D^2 \delta^3 \tan \theta}{10 \mu i b} \frac{\Delta P}{L} \quad (2)$$

式中 D ——螺杆直径;

H ——螺槽深度;

t ——螺纹导程;

b ——螺棱轴向宽度;

i ——螺纹头数;

θ ——螺纹升角;

L ——螺杆工作长度;

δ ——螺棱与机筒内壁间隙;

n ——螺杆转速;

ΔP ——胶料沿螺杆工作长度的压力降;

μ ——胶料粘度。

螺杆螺纹参数如图3所示。

一般设计挤出机时,多头螺棱宽度(ib)与 t 的关系为 $t - ib \approx 0.85t$,而挤出机新机的 δ 较小,漏流因子 ($\frac{\pi^2 D^2 \delta^3 \tan \theta}{10 \mu i b}$) 与逆流因子 [$\frac{H^3 (t - ib) \cos \theta \sin \theta}{12 \mu}$] 的比值约为 0.1,为简便计算与分析,可忽略漏流对 Q 的影响,式(2)可写为

$$Q = \frac{\pi t n D H \cos^2 \theta}{2.35} - \frac{t H^3 \cos \theta \sin \theta}{12 \mu} \frac{\Delta P}{L} \quad (3)$$

排气挤出机可看成由第一计量段和节流段等组成的冷喂料挤出机和由排气段、第二计量段和机头组成的热喂料挤出机共同构成,在设计时为

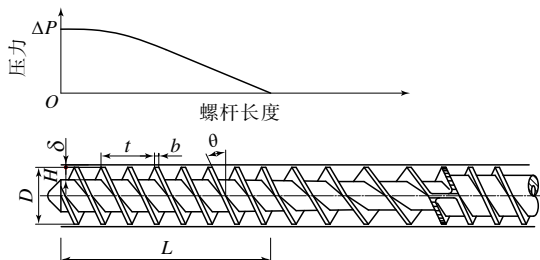


图3 螺杆螺纹参数

简化,可使第一计量段的导程、螺旋角与第二计量段导程、螺旋角相同,同时假设胶料塑化后粘度不变,由式(3)将两段挤出机参数以下标表示,可列出两段挤出机的流量公式:

$$Q_1 = \frac{\pi t n D H_1 \cos^2 \theta}{2.35} - \frac{t H_1^3 \cos \theta \sin \theta}{12 \mu} \frac{\Delta P_1}{L_1} \quad (4)$$

$$Q_2 = \frac{\pi t n D H_2 \cos^2 \theta}{2.35} - \frac{t H_2^3 \cos \theta \sin \theta}{12 \mu} \frac{\Delta P_2}{L_2} \quad (5)$$

式(4)中, ΔP_1 为胶料沿第一阶螺杆工作长度的压力降,也等于由节流段与机筒配合形成的第一段挤出机的环形缝隙机头阻力,可根据环形缝隙机头特性参数和胶料粘度计算。第一阶螺杆螺纹参数及节流段参数确定后,挤出同一种胶料时,压力降是不变的。

对排气挤出机而言,螺杆第二计量段能够输送的流量必须大于或等于第一计量段输送的流量。当排气挤出机正常工作且排气口不溢料时,第二阶螺杆把第一阶螺杆输送过来的胶料全部经由机头挤出,因此,排气挤出机正常工作的产量就是第一计量段及节流段的流量,可由式(4)计算。

式(5)中, ΔP_2 是胶料沿第二阶螺杆工作长度的压力降,与螺杆特性参数和挤出机头阻力及胶料粘度有关。排气挤出机正常工作且排气口不溢料时,由第一阶螺杆实际输送到第二阶螺杆的胶料流量 Q_1 小于式(5)计算的第二计量段能够输送的流量 Q_2 , 因此,对于低阻力、大流量机头的挤出过程,胶料并不能充满第二阶螺杆的第二计量段全部螺纹的螺槽,此时机头内胶料压力等于机头阻力而小于第二阶螺杆实际能够建立的机头压力。而对于高阻力、小流量机头的挤出过程,胶料会逐渐充满第二阶螺杆的第二计量段的全部螺槽,若机头阻力过大,并且大于第二阶螺杆的第二计量段实际能够建立的机头压力,胶料甚至会充满排气段螺槽而从排气口溢出。

取临界状态 $Q_2 = Q_1$, 联立式(4)和(5),可得

$$\Delta P_2 = (5\pi n \mu D \cot \theta \frac{H_2 - H_1}{H_2^3} + \frac{\Delta P_1}{L_1} \frac{H_1^3}{H_2^3}) L_2 \quad (6)$$

式中, ΔP_2 即为排气挤出机螺杆能够建立的机头压力。

3 螺杆的设计原则

分析式(4)~(6)可得出橡胶冷喂料排气挤出机螺杆设计的重要依据。

(1)设计橡胶排气挤出机时必须尽量扩大其适用范围,尽可能满足小口型较高机头压力的制品生产,且不能发生排气口溢胶现象;同时也要满足大口型低机头压力制品生产的大流量要求,尽量提高产量和生产效率。另外,还应适用各种配方胶料及挤出成型的工艺要求。

(2)橡胶排气挤出机第一阶螺杆输送的胶量最终由第二阶螺杆全部经由机头挤出。挤出机的产量实际上由塑化段、第一计量段和节流段组成的第一阶螺杆特性以及节流段和机筒形成的机头特性决定,可根据式(4)计算。设计时首先应确定第一阶螺杆的参数,使挤出机尽可能具备较大的生产能力。

(3)排气段和第二计量段等组成的第二阶螺杆的输送能力必须大于第一阶螺杆的输送能力,即式(5)的计算结果需大于式(4)的,否则排气口会溢料。

(4)橡胶排气挤出机工作时的机头压力不仅与生产使用的机头有关,而且与第二阶螺杆特性有关。设计第二阶螺杆时应考虑使胶料在输送过程中能建立较大的压力,确保挤出机在使用高阻力机头时正常工作且排气口不溢胶。

(5)第二计量段螺杆能建立的最大压力与螺杆的设计有关,与第二计量段的工作长度成正比。若第二计量段螺纹的工作长度足够大,螺杆就能建立机头需要的挤出压力。

(6)第二计量段能建立的最大压力与其螺槽深度成反比,因此应用于高阻力机头的螺杆第二计量段应采用浅螺槽。但 H_2 应大于 H_1 , 否则会溢胶。

(7)由于螺杆的长径比过大会增大制造难度,

同时会使胶料在螺槽内运动的时间过长,胶料温度升高,因此螺杆不能设计得很长,橡胶冷喂料排气挤出机的螺杆长径比以 20~24 为宜。为此,设计螺杆时要合理安排螺杆上不同功能的各段工作螺纹的长度,使其既能满足功能要求又能减小螺杆总长。基本原则为:在满足高效稳定喂料和足够使胶料塑化的前提下,尽量减小第一阶螺杆长度,增大第二阶螺杆长度。

(8)设计良好的排气挤出机螺杆可以适应较大范围机头口型挤出要求,能满足一般生产需要。但若生产需要用到的机头形状与口型面积相差太大,则排气挤出机的设计计算将变得复杂。为使排气挤出机具有更宽的适应范围,既能适应很低阻力机头的高产量要求,又能适应很高阻力机头的高压力要求,需要在第一阶螺杆节流段设置可调节流元件^[3-4]。当然,也可以人工或自动控制喂入挤出机的胶量替代节流段的节流元件。

在以上述原则为指导形成的专利^[5]技术的基础上研发的 $\Phi 160 \times 22D$ 橡胶冷喂料排气挤出机,可稳定生产 $\Phi 50 \times \Phi 44$ 和 $\Phi 85 \times \Phi 44$ 两种规格胶管,在 $30 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 的螺杆转速时的产量分别可达到 850 和 $1\,200 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$,机头压力分别为 12 和 6 MPa 。两种口型的截面积相差近 10 倍,排气口均

无溢胶现象。这些生产指标已经很接近同规格非排气橡胶冷喂料挤出机。

4 结语

根据以流体输送理论为基础的挤出理论,橡胶排气挤出机的产量主要由第一阶螺杆的塑化段、第一计量段和节流段决定。而排气挤出机螺杆能建立的机头压力与螺杆的第二计量段长度成正比,与螺杆第二计量段螺槽的深度成反比。

依据本工作的研究成果,研发并定型的 $\Phi 120$, $\Phi 150$ 和 $\Phi 200$ 等多种规格的橡胶冷喂料排气挤出机已经应用于生产,使用效果良好。

参考文献:

- [1] 金春霞,康正生.国外单螺杆排气挤出机的研究现状分析[J].塑料,1995,24(2):32-37.
- [2] 唐国俊,李健镜.橡胶机械设计(上册)[M].北京:化学工业出版社,1984,263-275.
- [3] 章华.冷喂料排气挤出机螺杆优化设计[J].橡塑技术与装备,2010,36(12):39-42.
- [4] 张运龙,董传涛,郝春燕.排气挤出机分流环结构与产量平衡问题的研究[J].橡塑技术与装备,2006,32(3):1-5.
- [5] 谭开顺,赵勇飞.挤出产量高、自洁性好的排气挤出机螺杆[P].中国:CN201800228U,2011-01-04.

收稿日期:2012-02-28

一种运动鞋鞋底

中图分类号:TS943.714 文献标志码:D

由特步(中国)有限公司申请的专利(公开号 CN 202233308U,公开日期 2012-05-30)“一种运动鞋鞋底”,涉及的运动鞋鞋底包括发泡中底和连接于发泡中底底面上的前掌橡胶块和后跟橡胶块,前掌橡胶块和后跟橡胶块的底面均设有由内向外扩大的多圈跑道沟槽,前掌橡胶块位于发泡中底底面的前掌区域内侧,后跟橡胶块位于发泡中底底面的后跟区域上。采用前掌橡胶块和后跟橡胶块替代大底的设计,减少了鞋底用料,使得运动鞋穿着更加轻便;根据人脚行走时主要通过后跟和前掌内侧用力的特点,在前掌橡胶块和后跟橡胶块上采用多圈跑道沟槽设计,使鞋底和地面接触时产生的冲击力易被吸收和扩散,提高了鞋底的减震效果。

(本刊编辑部 马 晓)

胶鞋的防滑鞋底结构

中图分类号:TS943.714 文献标志码:D

由际华三五三七制鞋有限责任公司申请的专利(公开号 CN 202233326U,公开日期 2012-05-30)“胶鞋的防滑鞋底结构”,涉及的胶鞋防滑鞋底前掌两边设有开口向外的 U 形纹止滑块,中部设有人字形止滑块;鞋底中部设有长条形止滑块;鞋底后跟中部设有马蹄形止滑块,两边设有半椭圆形止滑块;鞋底前端及后端均设有圆弧形止滑块。该防滑鞋底的前掌采用 U 形纹止滑块作为边缘止滑块,采用人字形止滑块作为中部止滑块,其后跟部分分别采用半椭圆形止滑块及马蹄形止滑块,这种结构能有效地增大鞋底的止滑能力,使其抗湿滑因数达到 0.75 以上。此外,在止滑块与鞋底之间采用弧形过渡结构可改善耐屈挠效果,产生初级裂口的屈挠次数大于 2×10^5 。

(本刊编辑部 马 晓)