

# 注塑机技术发展及其研发设计中典型改良案例分析

梁琨亮

(广东威亚精密机械股份有限公司 广东 佛山 528315)

**摘要:** 中国是塑料机械消费大国,而注塑机又是国内塑料机械行业中占据产量、产值等主导地位的第一大类塑料机械设备。近年来注塑机朝着专用化、标准化、复合化、智能化等方向发展,以及在节能节材、高效环保方面也有了深入的研究发展,为行业领域培养了众多的工程技术人才及高级管理人才。本文将通过介绍注塑机技术发展现状,以及在具体的设备研发设计开发过程中遇到的典型改良实例进行总结阐述,旨在能给同行的研发设计人员在结构设计思路、问题分析解决思路等专业技术方面提供一些启示与指引。

**关键词:** 注塑机;塑料机械;设计改良;技术方案

## 0 引言

注塑机是一种借助螺杆(或柱塞)的推力,将熔融状态的料体注入闭合模腔内,最后经固化定型取得制品的设备。注塑机整体结构较为复杂,一台通用的液压式注塑机通常由注射部分、合模部分、液压系统和控制系统四大部分组成,工作过程包括合模、注射、保压、冷却塑化、开模、脱模等。按塑化方式可分为柱塞式塑料注射成型机、往复螺杆式塑料注射成型机及螺杆-柱塞式塑料注射成型机;按合模方式分类又分为曲肘式、直压式、二板式及复合式;按生产出的制品可分为普通型和精密型注塑机。

### 1 发展历程与技术现状

我国从上世纪50年代诞生第一台注塑机开始,经过50年的发展历经了三种不同的技术架构,分别是液压技术、全电动技术与电液混动技术。传统油压传动注塑机,虽然能耗高、噪音高、对环境有一定的污染,却具有制造成本较低、维修维护方便等特点,是当前市面上占有率较高的经济型注塑机类型。近年来随着科学技术的发展,注塑机经过多轮的技术及环保政策的淘汰,设备设计制造厂家越来越注重智能化控制、绿色节能环保等高科技设备的研发。未来注塑机控制将计算机技术、云技术和自动化技术结合,实行闭环控制,以智能控制技术为主线,带动塑料制品生产工厂的设备智能、生产智能、服务智能。

注塑机行业庞大的上下游产业链培养了众多的研发设计专业技术人才。大到注射系统、合模系统等的技术创新,小到螺杆、喷嘴的结构设计改良,研发工程师每一个技术革新,都在推动注塑机设备的高速发展。国内以海天、伊之密、力劲等注塑机龙头企业为代表,在技术创新实施了坚持不懈的努力。

如伊之密设计发明了一种注塑机无滞留柱塞注射储料缸结构,实现了熔融塑料存储过程中保持先进先出的原理,每一次储料过程均对柱塞前端物料进行清理,将积料推向法兰端口,注入模具,始终形成储料先进先出的工作状态,完全避免了柱塞前端物料滞留引发的一系列问题,巧妙地解决了生产过程中的原料更换困难,塑料降解等问题,减少了生产浪费,显著提升效率和成品率,以及改善了设备保养

的工作难度。该专利技术对现有技术是一项革新性的改良,实现了较大的经济效益及社会效益,荣获第二十一届中国专利奖优秀奖。

另外,震德塑料机械设计发明了一种用于注塑机的注射装置,在注射螺杆的前端设置有注射过胶结构,并且该注射过胶结构设置有既能够堵住熔料供应通道的出口又能够允许注射料筒中的熔料通过的过胶圈,与没有设置该结构的传统注射装置相比,能够避免熔料直接与外界进行高压接触,从而防止发生漏胶现象。该技术方案采用双螺杆结构,同步性较好,塑化周期短,从而提高了成型速度和生产效率。并且螺杆的加工精度相对于柱塞、活塞要低得多,间接地降低了设备制造成本。该创新技术创造了较好的经济效益及社会效益,同样获得了第二十二届中国专利奖优秀奖。

### 2 注塑机结构设计改良实例

以自主开发的开关面板专用注塑机和560吨果篮专用注塑机为例,阐述设计改良中遇到的问题和最终解决的技术方案。

#### 2.1 注塑机锁模松退问题分析及结构设计改良

##### 2.1.1 背景描述

自主研发的218T开关面板专用注塑机,具有高速、大锁模力的优点,适合用大模具,能大大提高客户的产能。但随着使用的模具越来越大,出现了产品有涨模和飞边的不良现象。初步推断是锁模力不够造成的,但该款专用机主要的特点是锁模力大,明显与设计的初衷相违背。

##### 2.1.2 问题调查

锁模力测试发现机器并没有达到设计之初所预期的锁模力。检查其它的零部件也一切工作正常,系统压力非常稳定。通过与现场生产操作人员沟通得知,每次换模具前期都可以正常生产,但工作几小时后就会有产品涨模和飞边的现象,使用大模具时尤为明显,首次出现不良现象的间隔更短。根据上述反馈的情况可知,是由于锁模松退造成锁模力不够的现象。而换模具时,由于要重新调整模具厚度,所以开始时生产是没问题的。但随着不断工作,动模板慢慢向后松退,而造成锁模力不够而影响产品质量。

##### 2.1.3 研究分析

按照以往同行的经验,机器动作越快,锁模力越大,锁模尾板和锁模导柱所受的负荷也越大,尾板和导柱容易出现断裂的现象。为了保护尾板和拉杆,该款专用机采用了悬空式夹板结构。这种结构的特点是导柱与夹板采用紧密配合,而导柱与尾板侧采用相对较松的配合,到后面的调模丝母处的配合间隙就更大更松。而尾板和导柱会随着锁模力的增大而出现变形的情况,这是尾板和导柱为了释放压力而出现的正常现象,锁模力越大,侧尾板和导柱的变形越大。正是由于这一现象,当尾板和导柱因为受力而变形时,而调模丝母与尾板的间隙又是很大的,造成丝母有较大的移动空间了。再加上机器工作时带来的震动,每锁一次模,调模丝母就相对移动一下,而使机器不能完全锁死,这样慢慢积累起来,就会有锁模松退的现象出现了。

#### 2.1.4 解决的技术方案

接触式夹板结构不会出现锁模松退的现象,而悬空式夹板结构会出现该种现象。通过分析比较,接触式夹板结构的公差配合也是导柱与夹板采用紧密配合,往尾板处逐渐放大。但是夹板与机架的导轨接触,这就限制了导柱的变形。这种结构为了保护导柱,防止过定位,会成调模丝母处加大配合间隙,让丝母有一定的变形空间。而悬空式夹板结构,夹板没有接触机架导轨,夹板限制导柱变形的能力减少了。如果调模丝母与尾板的配合间隙也按照而悬空式夹板结构一样放大的话,就变成丝母的间隙太大了,不能完全定位。在机器工作震动的情况下,就会出现锁模松退。根据上述问题,解决方案最直接的办法就是缩小调模丝母和尾板的间隙,限制丝母的移动空间。但不能把间隙定得太少,要留有足够的空间给尾板和丝母变形,避免由于过定位而造成零部件的损坏。把调模丝母与尾板的间隙定在导柱与夹板和导柱与尾板之间,既保证了零部件有相对的变形空间来释放压力,又保证有一定的定位,确保锁模不会震动而松退。由于调模丝母和尾板接触的可能性加大,选择材料时也要注意用软硬配合了。尾板是球墨铸铁,相对较软,那调模丝母就用相对较硬的材料。

### 2.2 注塑机锁模到底缓慢及响声过大问题分析及结构设计改良

#### 2.2.1 背景描述

自主研发的560吨果篮专用注塑机,果篮的外形决定了生产果篮的模具要大,那么就要求与模具配套的注塑机要有大锁模力,动模板运行平稳,打出来的产品才能完好没有飞边。但是平稳并不代表机器动作慢,而应该是有较快的运作速度,而在速度转变时(加速或减速)能比较顺畅。

影响设备的运行速度和平稳性有多个因素,一般传统的机铰式注塑机,设计人员往往把重点都放在机器的动力和机铰参数上,该款560吨果篮专用机也不例外,最初设计时,机器选用加大一级动力,正常工作的载荷不超过电机的额定载荷的80%。电脑优化机铰参数,机铰动作曲线更平缓,使动模板的平均速度提升,但速度转变相对较平稳。

#### 2.2.2 问题调查

在处理好这两个重要因素后,预期机器会有较好的运行效果,但在试制机时却出现了令人意想不到的情况。首先,机器设备在刚开始进行锁模时,运行比较顺畅,达到加速快而平稳的要求。当锁模快到底模具刚帖模时,动模板出现突然的减速,而且机器同时出现“轰”一声的响声,接着动模板需要较长的时间才能完全锁模。其次,是当从锁模状态转到开模状态时,电脑显示电磁阀已经转换了,但是要过一段时间,动模板才有反应,进行开模动作。对于上述现象,排除机械干涉和碰撞后,初步判断是液压油路问题造成的。当设备接近锁模到底时,进油或排油量突然减少,就会出现第一种现象,响声也是由于液压冲击而发出的。而第二个现象表明,液压油需要较长的时间才能到达油缸盖前端来推动活塞,所以造成电磁阀已经转换一段时间后,动模板才有反应,进行开模动作。

#### 2.2.3 研究分析

在检查过电磁阀的阀芯和外围油管,确定没有异物而造成管路阻塞后,认为问题最有可能就出在锁模油缸处。先从锁模油缸的结构分析,如图所示。传统机铰注塑机的特点是,在开始时,在相同时间内,锁模活塞的移动距离比动模板少;到锁模后段时,又会反过来,在相同时间内,锁模活塞的移动距离比动模板多。正是这个原因,当在外面观察动模板,感觉动模板接近完全锁模,动作已经慢下来时,其实锁模活塞仍然以较快的速度移动。当动模板完全锁模时,活塞就以较快的速度直接撞上锁模油缸前盖,就会发出机械碰撞的声音。这是一般传统注塑机都存在的现象,这不但会发出噪音,污染工作环境,还会因机械冲击,使零部件损坏。为了避免这种现象,在设计初期已在锁模活塞处加上一个缓冲套,让动模板接近锁模时,进行机械减速避免活塞以高速直接撞上油缸前盖。这虽然解决了一个问题,但同时又带出另一个问题,就是当缓冲套开始进入油缸前盖进行减速时,由于排油量的突然减少,锁模活塞被迫突然减速,表现出来的现象就是当锁模快到底,模具刚帖模时,动模板出现突然的速度转变,一点都不平衡不顺畅。而且也由于排油通道突然大面积减少,而造成液压冲击,发出较大的响声了。而且当机器从锁模状态转换到开模状态时,由于缓冲套与油缸盖的间隙是很少的,液压油通过要较长的时间才能到达活塞,从而造成电磁阀已经转换一段时间后,动模板才有反应,进行开模动作。

#### 2.2.4 改善油缸结构的创新解决设计方案

先在锁模油缸前盖的进出口处加钻一个直径为 $\Phi 3 \sim \Phi 4\text{mm}$ 的泄油孔帮助通油,这样就不会因为缓冲套进入油缸前盖,使过油通道大幅减少突然减速而导致液压冲击产生噪音,也不会因为缓冲套与油缸前盖的间隙少、过油慢,而造成开模时动模板反应慢。但是这个小孔也会使缓冲套的减速作用大打折扣,活塞仍然以一定的速度撞上油缸前盖的,这是一个矛盾。这时发现光靠机械进行缓冲减速是不够理想的,需要用到电器、液压多方面的配合。在动模板处增加两个感应开关,通过计算,当缓冲套开始进入

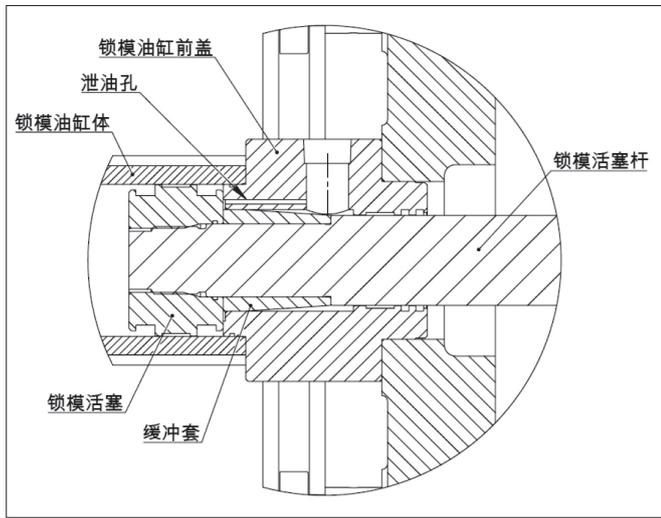


图 锁模油缸的结构

油缸前盖时,动模板所到达的位置,增设第一个感应开关。当开关感应到动模板去到该位置时,表明缓冲套要进入油缸前盖了,这时通过程序减少锁模油缸的进油量。通过机械、电器、液压三方面的结合,使机器能以较平缓的方式减速。当动模板完全锁模时,表明锁模活塞也接触到油缸前盖了,这时第二个感应开关工作了,改变电磁阀位置,高压结束。这时活塞就以一个较低的速度撞上油缸前盖,这样就大大减少了机械冲击,冲击噪音自然也大幅减少了。锁模活塞有一个顺畅的减速过程,动模板也就可以平稳地合模。冲击减少了,也利于机器和模具的寿命,操作环境也更环保了。

(上接第 29 页)

### 5 结语

经过多年来客户反馈的信息和市场调研,未来实验室用小型颚式破碎机的发展将呈以下发展趋势:

(1) 绿色节能趋势。自 2014 年哥本哈根会议后,各国首脑在峰会上已提出承诺。现已有业内人士透露国家将采取措施对耗电量过大的生产行业采取更苛刻的环境保护控制。由此,采用先进技术的绿色节能产品将为选厂提供更好的生存机会。

(2) 设备智能化趋势。随着科技水平的不断提高,以及各种智能控制理论在相关行业的成功应用,具有更先进智能的选矿设备已在各厂家的实验室中进行调试。未来,新型智能产品必将大量占据选矿设备市场。

(3) 生产流程化趋势。基于现代选矿近 40 年的经验积累,各大设备制造商已经开始考虑定制专家系统,针对不同的地域环境订制最为合理的全流程解决方案。

(4) 设备集成化趋势。由于现代选矿对产品目数和产品品位的的要求日益苛刻。所以,在厂家选择设备的时候,更愿意选择成套生产线。由于各生产线上的设备都针对其他设备做了优化,因此可以有效提高生产效率和操控的便捷性。

XPC-100×150 颚式破碎机是贵阳探矿机械厂比较畅销的一款机型。本文提出的改进措施秉承安全、环保和节约成

### 3 结语

综上所述,本文通过分析注塑机设计上的典型问题及改良实例,旨在能对从事开发设计的同行具有一定的实践指导意义。另外,虽然国内注塑机技术在近几年得到高速发展,并占据了中端市场的主要份额,但由于起步较晚,在高端区域与国际先进水平还存在一定的差距,尤其是在精密注塑机、大型注塑机等具有高技术含量和高附加值的技术领域。因此,作为该行业领域内的专业技术人员,应实时把握产业最新发展动态及趋势,积极学习研究国际最新最先进的技术,厚积薄发、扬长避短,通过不断的技术创新和人才培养,实现对欧美日注塑机企业的弯道超车,才能真正实现中国的注塑机行业由大变强的目标。

### 参考文献:

- [1] 王文俊. 高响应伺服驱动液压注塑机解耦控制方法研究 [D]. 华南理工大学, 2012.
- [2] 黄步明. 精密注塑机的最新技术进展及发展趋势 [J]. 中国医疗器械信息, 2012 (3): 23-26.
- [3] 黄海婷. 后追赶时代中国注塑机产业创新战略研究 [J]. 特区经济, 2019(4): 102-104.
- [4] 陶永亮, 姚科. 注塑过程控制技术和智能化发展趋势 [J]. 工业控制计算机, 2019(4): 17-20.
- [5] 蒋小军, 卢嘉诚, 黄茂敬. 注塑机无滞留柱塞注射储料缸结构: 中国, CN201410265885.8 [P]. 2017-1-4.
- [6] 张贤宝, 张帆, 赵泽波. 用于注塑机的注射装置: 中国, CN201110236407.0 [P]. 2015-4-1.

本的思路,主要是用滚动轴承替代了滑动轴承,降低了偏心轴与滑动轴承的磨损,而且降低了材料成本和生产成本。改进措施导致了机器很多零部件尺寸、外形的改变,通过几个重要零件的受力分析和强度计算,各项数据都满足设计要求。另外,原机体部分采用铸造件加工而成,现改用钢板焊接,也减少了原材料成本,同时也更好地控制了产品的质量。

### 参考文献:

- [1] JZ/T0130.1-2006. 中华人民共和国地质矿产行业标准 [S].
- [2] JB/T3264-2015. 简摆颚式破碎机 [S].
- [3] 陈瑶. 颚式破碎机内物料破碎机理及破碎功耗研究 [D]. 太原理工大学, 2016.
- [4] 方永. 一种新型颚式破碎机的研究 [J]. 化工管理, 2016.
- [5] 文虎, 侯作富, 康福. 复摆颚式破碎机偏心轴应力分析与研究 [J]. 工程科技, 2015.
- [6] 张维斌. 复摆式颚式破碎机的运动学和动力学分析及其结构优化 [D]. 东北大学, 2010.
- [7] 2014-2020 年实验室选矿制样设备投资前景分析报告 [R]. 北京: 蒂华森咨询, 2014.

作者简介: 田文海 (1989.08-) 男, 苗族, 本科, 工程师, 研究方向: 地矿实验室破(粉)碎机设计。