

注塑成型新工艺新技术

与注塑模具创新设计

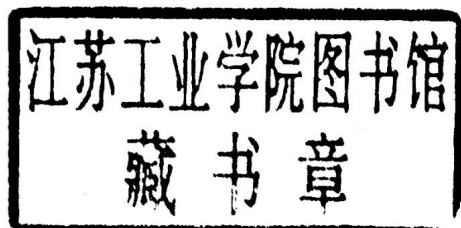
实用手册

世界知识音像出版社

# 注塑成型新工艺新技术与 注塑模具创新设计实用手册

## 第二卷

主 编：王天成



世界知识音像出版社

115kg。其供料能力与输送距离。

这种上料特点是：

(i) 在吸入量空气一定的情况下，要求吸料喷嘴能吸入尽可能多的物料，并且压力损失为最小。

(ii) 要求能连续地定量吸入，不能间断和堵塞。

(iii) 根据需要能方便地调节吸料量。

(iv) 吸料嘴的内料管可以做成喇叭口形状，外套管可上下移动。根据物料性质和输送条件，改变内外管下端的相对高度，可以达到较高的输送效率。

(v) 适用于粒料树脂（PP、PE、PVC）为单机和机组自动上料。

在输送过程中，由于管路内的压力低于大气压力，物料和空气不会向外泄漏。

其缺点是若密封不好，影响物料输送。

## 2. 压送式供料系统

这是一种正压气力上料形式的供料系统。它是利用风力将塑料压入输送管道，再经设在料斗上的旋风分离器把空气和物料分开，空气从顶部排出，物料落入加料斗内。为压送式供料系统，它是将鼓风机和压送料斗设在原料旁边，在注塑机料斗上部装置旋风分离器。这种供料系统鼓风机电力一般在 0.5 ~ 2.2kW，风压  $1 \times 10^3 \sim 2.1 \times 10^3$  mm 水柱，风量 2 ~ 4m<sup>3</sup>/min，输送能力与管道长度有关，如对 PE 粒料软管长从 5 米 ~ 20 米，则输送能力从 150kg/h 降至 25kg/h。

## 3. 螺旋管式供料系统（如图 3-2-84 所示）

这是一种无过滤器堵塞，也没有排风产生粉尘的输送装置，它是用钢丝制成的螺旋管，置于管子中，用电机驱动

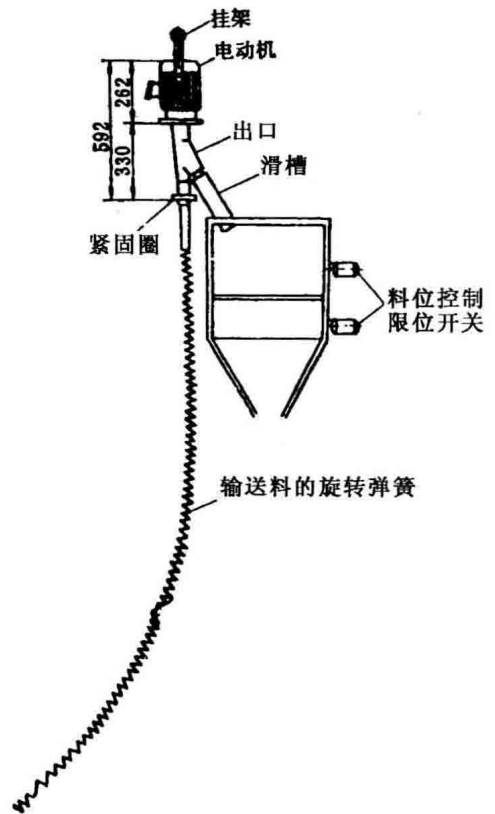


图 3-2-84 螺旋管式供料系统

钢丝高速旋转产生轴向力和离心力，物料在这些力的作用下被提升，其输送能力决定于弹簧转速、弹簧外径、节距、以及弹簧外径与软管内壁间隙。一般弹簧钢丝直径不小于 6mm。

## 二、干燥系统

原料预先干燥对注塑制品质量影响甚为显著，尤其对工程塑料，可以增进表面光泽，提高抗弯曲强度，拉伸强度、避免内部的裂纹和气泡，提高塑化能力，缩短成型周期。

### 1. 热风式干燥料斗

热风式干燥料斗，它是利用普通热风除去原料附着水分和湿气。而塑化料筒内连续供料。料斗干燥器的能力和注塑机的塑化量可用下式表示：

$$(A \times B20\% + A \times B) < C$$

A——塑化能力 (kg/h)

B——塑料所需干燥时间 (h)

C——料斗可容量 (处理量) (kg)

这种类型的干燥料斗小型的处理量可从 15 ~ 200kg，大型的可到 500kg，加热器功率 1.6 ~ 8.4kW (小型的)，大型的可达 27kW，电机功率 0.2 ~ 0.75kW，鼓风机风压 75 ~ 580mm 水柱。标准温度 120℃，最高温度 150℃。

在热风式干燥料斗内，常布有磁力隔。是用强力永久磁环组成许多磁力棒 (一般九支) 形成磁场，并在 200℃ 以内不会失磁，可有效地防止铁、镍、钴或其它合金物如螺钉、铁片、铁粉、破碎机刀片等进入塑化料筒内，以保证机器安全工作。

### 2. 加压热风干燥料斗

加热通风干燥料斗，如图 3-2-85 所示，这种干燥料斗是由通过料斗底部的加压通风室向上鼓热风 (干燥空气)，热风流过一个锥形筛网，此筛网使干燥的空气沿整个直径均匀分布，上边的物料落到分流锥上使物料均匀地分布。当热风通过狭窄物料塔向上流动时，便吸收物料颗粒水分并予以加热。气漏斗用以防止外界空气渗入闭环系统，并将返回的空气送回干燥器中去。

加压通风干燥料斗容量范围，一般在从 41 ~ 4855L。

### 3. 抽湿干燥设备

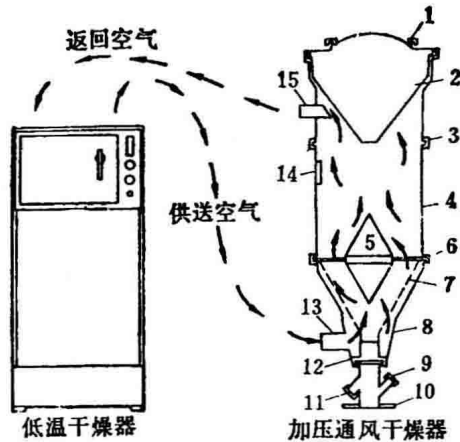


图 3-2-85 加压通风干燥器

- 1—带有可卸式筒盖的手动装料板；2—集气漏斗；3—带有密封垫的上摆夹紧；  
 4—贮罐段；5—分流锥；6—下摆夹紧；7—多孔散气漏斗；8—下部外罐；  
 9—吹扫口；10—方形安装座板；11—排放口；12—滑动闸门；13—来自干燥器  
 的供送空气；14—观察窗；15—空气被送回干燥器

对非吸湿性材料，如 PE、PP、PS 等非吸湿性材料不能以化学键形式吸收水分，水分只附着在材料表面上，这类材料可用热风 and 加压热风干燥料斗进行干燥。而对 PC、PA，纤维素等材料是有极高吸湿性，水分渗入这些材料表面并形成分子键，使水分存在塑料内部深处，单靠热气不足以使之干燥。经验证明，必须在  $-40^{\circ}\text{C}$  露点的空气和受到控制的热量从吸湿材料中通过，才能达到所需含湿量。

图 3-2-86 所示除湿干燥器，连续不断地把干燥空气送入加压通风干燥料斗内。闭环系统借助于两个交替工作的除湿装置 (3) (4) 保持恒定干燥速率。在除湿装置中装有吸湿分子筛材料。冷而湿的空气从加压通风干燥筒 (2) 中返回，在进入过程空气循环风机 (9) 之前，流过袋式过滤器 (11)。饱和空气通过下面的气动控制阀 (14) 送向除湿装置 (3)。水分被分子筛干燥剂所吸收，空气则由上面空气导向控制阀 (13) 中流入空气加热器 (6)，以便在返回加压通风干燥料斗之前进行恒温控制下的再加热。当一个除湿装置正在吸收水分时，另一个则通过再生来除去前次循环期间吸收的水分。来自大量的少量再生空气通过过滤器 (12) 被再生空气风机 (10) 吸进。这些空气经过下面的控制阀 (14) 进入再生空气加热器 (5)，并在流入吸湿装置之前被加热到  $288^{\circ}\text{C}$  左右。饱和空气离开正在再生的除湿装置，通过控制阀 (13) 以大约  $177^{\circ}\text{C}$  的温度被排放到大气 (15) 中。两个除湿装置

的工作转换是通过再生除湿装置定时系统或温度传感器来控制的。当除湿装置过于干燥时，它从加热器中吸收的热量比较少，因而排放温度便会上升。恒温器检测出这一上升温度将再生加热器断开，并保持一段短的冷却周期。当除湿装置的温度降低到规定的数值时，控制阀便立即改换气流通路，使已干燥的除湿装置进入工作状态。

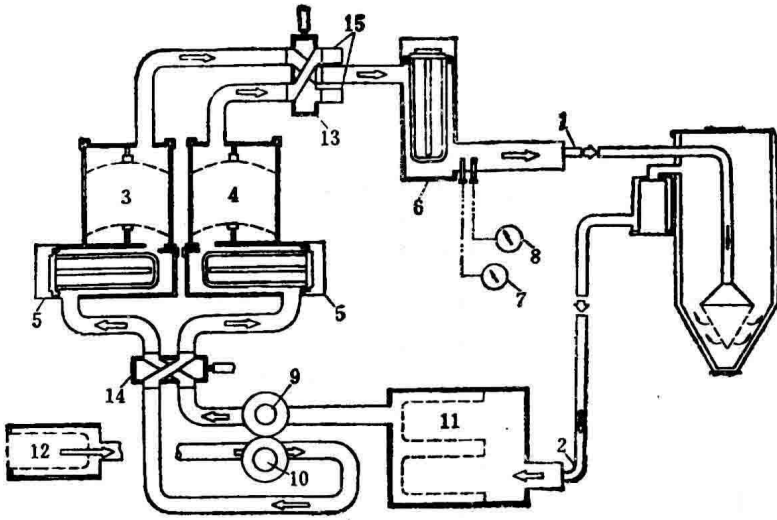


图 3-2-86 除湿干燥器

- 1—送向通风干燥筒的生产空气；2—从通风干燥筒返回的湿空气；3—生产空气除湿装置；4—再生空气除湿装置；5—再生加热器；6—生产空气加热器；7—生产空气恒温器；8—生产空气安全恒温器；9—生产空气风机；10—再生空气风机；11—生产空气滤袋；12—再生空气滤袋；13—上空气方向控制阀；14—下空气方向控制阀；15—通向大气的再生空气排放孔

这种装置系统的特点是：配有独立的过程风机和再生风机保证空气具有 $-40^{\circ}\text{C}$ 的低露点性能。可连续不断地把干燥空气送给被干燥的物料，当一个除湿装置正在吸湿时，另一个则通过再生来清洗掉前一次循环中吸收的水分。

### 三、加料与混合系统

#### 1. 强制加料装置

在料斗内装满粒料或粉料后，当物料依靠落入机筒料口时将要形成物料流动。根据料斗的型式不同则产生的流动形式也不同，如在图 3-2-87 (1)、(2) 型式的料斗内，将产生团形流动。这种流动会使整个物料向入

口流动，产生“架桥”现象；而在如图 3-2-87 (3)、(4) 型式的料斗内，产生的是漏流流动，这种流动将形成中心“管穴”现象。这些现象均取决于物料应力分布，而应力分布与物料的性质，料斗的几何形状，以及进料口的加热与冷却有关。过高的温升会使物料枯结在一起，产生“堵塞”或“架桥”现象。

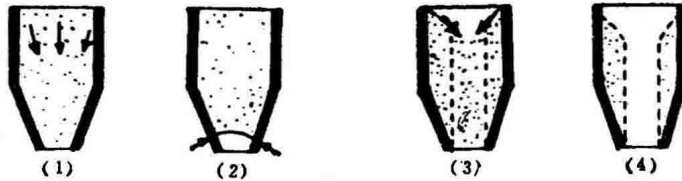


图 3-2-87 加料斗的型式

当“管穴”和“架桥”现象出现后，会造成进料不均，甚至断料停止生产，或由于物料依靠本身自重下料，进料速度要受到料位高度变化的影响，也造成进料不均，引起压力波动、温度波动以及注射量的波动，最终将影响制品质量。为克服自重加料的缺点，在注塑机上常采用强制加料如图 3-2-88 所示。螺旋转动能强化螺杆进料段的物料输送，并没有过载保护装置。当进料口被堵塞时，压力超过弹簧 6 的力，螺旋会上升或者在加料螺旋上开有纵向槽，压力超过时物料会通过这些纵向槽回流回来，防止加料斗损坏。

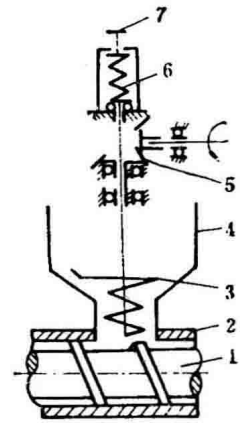


图 3-2-88 强制加料斗

1—螺杆；2—机筒；3—加料螺旋；4—料斗；5—伞齿轮；6—弹簧；7—手轮

除螺旋强制加料外，还有电磁振动料斗加料，把电磁振动装置安装在料斗上，通过间歇振动消除“架桥”及“管穴”现象。

## 2. 混合加料装置

对大多数加工厂来说，塑料着色是非常重要的，但也是比较麻烦的问题，因为要着出色调均匀和谐的制品，必须提供定量准确而又混合均匀的专用设备。近年来，有些厂家生产出一些专用的混合料斗，可以在料斗里直接使用母料，液体染料和粉状颜料混合染色。这也克服了贮存和管理上的困难。注塑用的颜料大多是干着色剂，母料和着色料。

图 3-2-89 为混合料斗，及在注塑机上的安装情况。

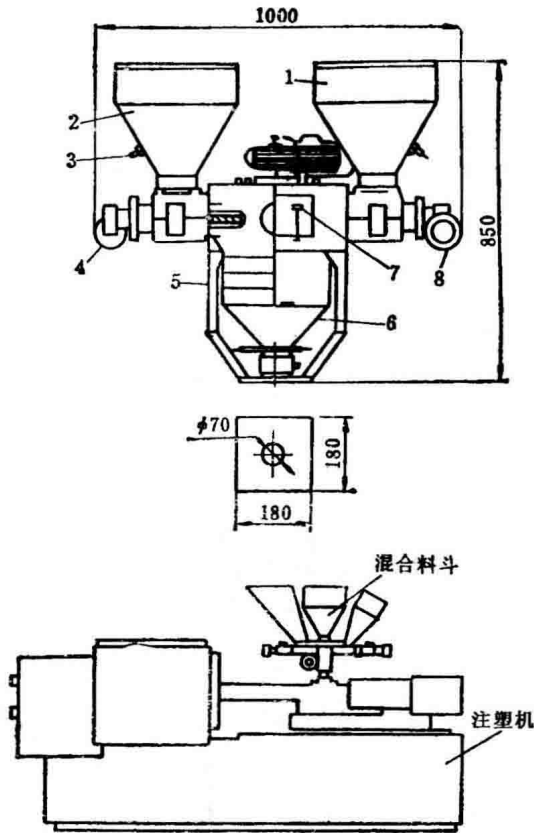


图 3-2-89 混合料斗

1—原料料斗；2—色母料料斗；3—料位控制；4—DC 变速马达；5—搅拌器；  
6—混合器；7—料位控制；8—AC 马达

(1) 为原料料斗，交流马达 (8) 带动加料螺杆旋转将物料送入带有混合室 (6) 的混合料斗内，在色母料斗中 (2) 的底部有直流机 (4) 拖动的计量螺杆将色母料定量的输送到混合室中，由搅拌器 (5) 把原料与色母料进行搅拌。这种料斗也可用于原料与翻新料的混合。一般这种料斗常用的最大混合能力 200~400kg/h (原料的混合能力) 功率 0.18kW，色母料 0.8~8kg/h 功率 0.1kW，翻料 50~275kg/h，功率 0.1kW。

#### 四、机械手的使用

近代注塑机都配合有机械手，对成型好的制品快速取出。在使用中，最重要的是与主机 (注塑机) 的动作配合问题，要注意当机械手离开模具后，机械手和注塑机能够各自继续进行动作，以便减少时间耗费。通常机



械手取出制品后要移至另一个位置复位，所用时间 5~7 秒，比注塑机、合模、注射、预塑、冷却的时间要短。在选择机械手时，应考虑主机注塑制品的最短成型周期，使机械手能够满足其最短成型周期的要求。一般说来，气动式机械手有很高的横向行走速度。

当选择机械手工作速度时，应考虑所产生的惯性振动能否被注塑机合模机构所吸收。当注塑周期长时，应降低速度。在选择机械手时要注意下列技术规范：

①控制系统及电源；②气压范围；③横向取出行程；④机身稳定程度；⑤机械手与注塑机的总高度；⑥垂直取出行程；⑦塑料制品拉出行程；⑧行程速度；⑨成品脱模与机械手的配合。

机械手的动作程序如表所列：

表 3-2-10

程序号	机械手动作	注塑机程序	备 注
1	原位	开模	
2	伸入模中		
3	取出注塑制品	顶出	顶出信号由机械手发出
4	离开模具		
5	移动至另一位置	闭模	机械手确认制品已取出发出给注塑机的闭模信号
6	放下制品	注塑冷却	
7	回到原位	预塑	
8	原位	开模	

目前，机械手有两类：一种是用交流伺服电机驱动，应用数控机械传动的机械手；另一种是采用气动式机械手。前者可以横行时停留于不同位置上，把制品排放到箱内；后者，可以停止到指定位置，或输送带上进行输送。一般来说，伺服电机驱动数控式机械手比较贵一些。

## 第四节 注塑机的液压系统及其组成

### 一、概述

注塑机液压控制系统简称液控系统，是注塑机重要组成部分。注塑机液控系统工作质量，比如系统工作的稳定性，可靠性、重复精度、灵敏性、节能性以及低噪音性能等都将直接影响注塑制品质量、尺寸精度、注塑成型周期、生产成本将影响工作环境，安全操作和维护检修工作等等。

注塑机的液控系统正向着高控制精度、高灵敏度、低噪音化、省能化、比例、伺服和微机程序化方向发展。所以最新型的液压元件，包括各种传感元件，都在注塑机液控系统得到应用，形成机 - 电 - 液 - 一体化的产品结构。

本节将从使用者角度对注塑机液控的基本知识予以介绍。

#### 1. 注塑机液控系统的特点

(1) 注塑机液控系统严格地按液控程序进行工作 注塑机的液控系统与其他液压机械比较有较严格的液控程序，注塑机液压系统、电气系统与自动化仪表系统按着注塑工艺要求组成较完善的工作程序和循环周期。液控系统通过各液压元件按规定程序操纵各执行元件（工作油缸）完成动作。因此欲理解注塑机液控系统，首先要了解注塑机的工作程序，以及这些程序的具体要求。

注塑机工作程序可用方框图表示，但最常用的是自动程序图。

在动作程序图上一一般都标明：（i）动作名称及其工作循环的顺序；（ii）控制元件的名称，磁铁线圈的代号，以及在工作程序中的开关特性（或比例特性）（iii）各种传感器（压力、位移、速度、转速等）、限位开关、时序装置（时间继电器、计数器、记时器）、检测装置（光电检测器、重量检测等）的名称以及这些元件在各动作程序中相互的逻辑关系。

(2) 注塑机液控系统在每一个注塑周期中系统的压力和流量是按工艺要求进行变化的，也就是说，在液控系统执行每一个具体程序时，对执行元

件的力和速度都有具体要求，因此系统压力和流量必须与之相适应。假说以比例压力阀  $R$  与流量比例阀  $F$  组成的液控系统为例，一台中小型注塑机按工艺程序比例阀设定及泵的工作图 3-2-90 所示，图中  $(R1) \sim (R9)$  与  $(Q1) \sim (Q8)$  分别为压力和流量的设定值。

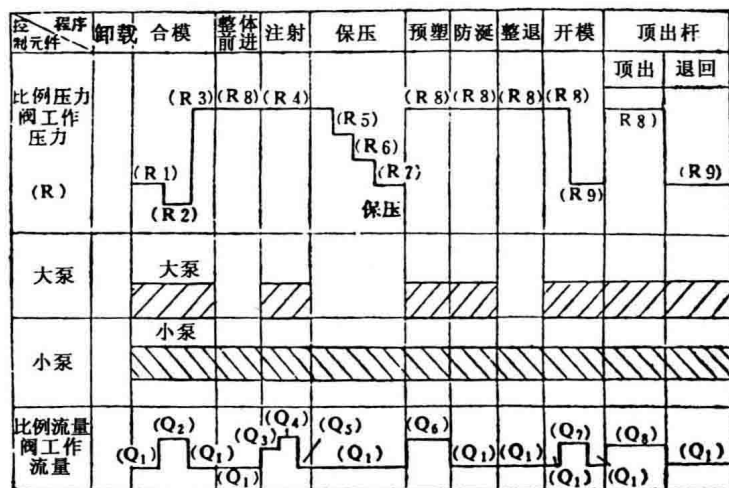


图 3-2-90 比例阀设定及泵工作图

(3) 注塑机液控系统的能耗特点 由于液压系统的输出总功率是一定的，但由于执行每一个程序时所需要的实际功率不同，如图 3-2-91 所示。若不考虑效率，系统功率消耗  $(E_L)$  应是：

$$E_L = p_p Q_p - P_0 Q_0$$

式中  $p_p$ ——泵压力；

$Q_p$ ——泵排油率；

$P_0$ ——系统控制所需压力；

$Q_0$ ——系统所需油的流率。

注塑机的液控系统在注射程序时所需的功率最大，其次才是保压、塑化或启闭模。虽然注射功率是最大功率，并超过平均功率很多，但是注射程序持续的时间却很短，考虑电机所允许的瞬时超载特性，为了省能可以在超负荷条件下使用电机，使电机的额定功率小于泵的最大输出功率而大于平均功率。

换句话说，注射功率可以在超载下使用而螺杆的塑化功率都应在接近

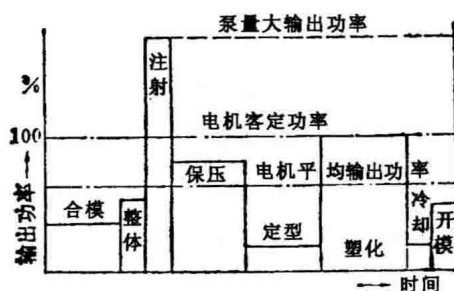


图 3-2-91 注塑周期中的功率消耗情况

或等于额定功率条件下使用。

对一般注塑机的液控系统功率使用的平均有效率只有 35%，而 40% 以上的功率却没有发挥出来。因此对液控系统进行节能研究是建立节能系统是很重要的。注塑机液控系统总能量消耗情况如图 3-2-92 所示。

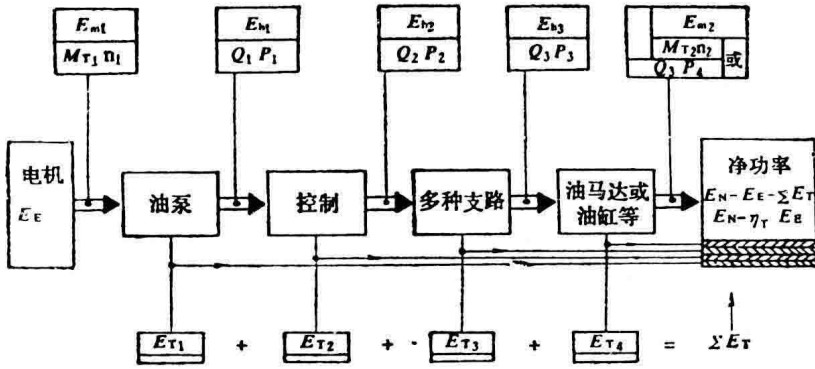


图 3-2-92 注塑机能量消耗示意图

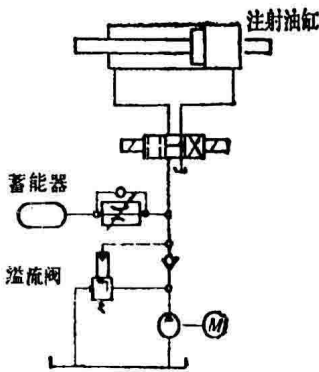


图 3-2-93 有蓄能器的注射油路

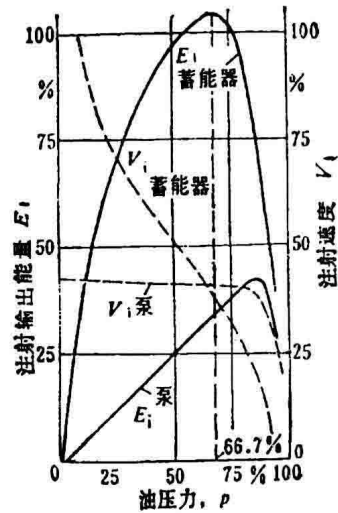


图 3-2-94 定量泵与蓄能器油路特性

图中， $E_N$  为有用功率， $E_{T1} \dots$  为各单元系统能耗  $\sum E_T$  为总能耗， $E_{m1} \dots$ ； $E_{h1} \dots$  分别表示经过各单元系统输出的机械能和液压能； $M_{11}$ 、 $M_{12}$ ； $n_1$ 、 $n_2$  分别表示为输出扭矩和转速； $Q_1$ 、 $P_1 \dots$  分别为各单元系统的输出流量与压力。 $\eta_T \dots$  为总效率； $\eta_{m1} \dots$  机械效率； $\eta_{h1} \dots$  液压效率，考虑油经过液压管路伐门的阻力及发热损失； $\eta_{v1} \dots$  油通过间隙漏流损失。

注塑机有用功率  $E_N$  为：

$$E_N = E_E - \sum E_T = \eta_T E_B$$

有蓄能器的注塑系统，如图 3-2-93，可以配备较小的泵，蓄能器的输出特性如图 3-2-94 所示。在注射时，蓄能器排油增加，而蓄能器的压力下降。

有蓄能器的液压系统其注射速率在很大范围内决定于负载。图 3-2-94 的曲线是由定量泵与蓄能器组或注射油路系统的动态特性。图中曲线表明：蓄能器系统与泵系统在注射时，能量输出、注射速度与系统油压之间的关系有多大的区别，蓄能器系统的工作压力对注射速度的影响比泵系统要剧烈的多；图 3-2-95 表示不同的蓄能器容量其排放特性是不一样的。曲线表明较大的蓄能容量有较大的最大排放量（在同样的排放压力下）。

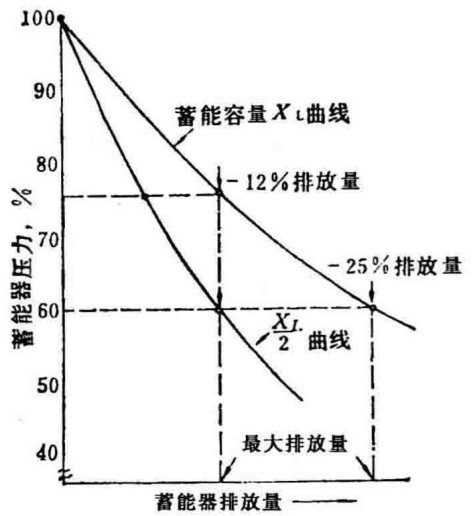


图 3-2-95 蓄能器系统排放特性

## 2. 注塑机液控系统组成

注塑机液控系统是由主油路和各分控制油路组成的。泵组系统是由电机，泵组、滤油器组成，是建立压力和流率的液压力源。主油路系统主要由压力阀和流量阀组成，是系统压力和流量的调节系统。

分油路系统主要由换向阀、行程阀组成的，是对执行机构完成控制指令的系统，其中包括闭合模控制、顶出控制、安全控制、注射量控制、注射控制以及预塑等控制系统。

这些执行元件依次是合模油缸、顶出油缸、注射座油缸、注射油缸和驱动螺杆的油马达等。图 3-2-96 是注塑机典型油路系统。从这个系统图可以看出，注塑机油路控制系统主要由泵控制组件，指令控制装置及执行元件以及控制油路和高、低压油路等组成的。

## 二、注塑机典型油路分析

### 1. 典型油路

注塑机油路的具体型式很多，但是按组成油路的主要液压元件特征可

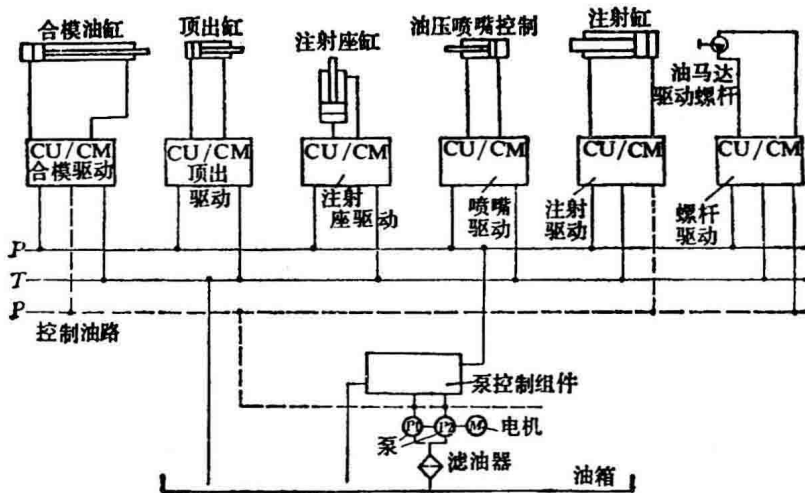


图 3-2-96 注塑机油路系统组成

P—高压回路；T—回油路；CU—控制装置；CM—控制指令

分为：普通阀油路、比例伺服阀油路、插装阀油路。

(1) 普通阀油路，又称常规阀油路，即在油路系统中采用常规的液压元件，如普通的容积式柱塞泵、叶片泵和变量泵；普通的压力阀、流量阀和换向阀及行程阀等。图 3-2-97 是一台小型直压式合模机构注塑机的常规油路。这个油路的特点是：泵组②采用双联叶片泵由电机③通过减震离合器带动。主油路是由电磁阀和溢流阀和控制压力的两组阀板块组成，并通过单向阀 8-1 和 9-1 使两个叶片泵的供油路分开，分别对系统压力进行高压和低压的双级控制：右泵系统参与注射油缸、油马达、注射座油缸的供油，顶出油缸和合模油缸的全部供油；而左泵系统只参与合模油缸在启闭模时的大流量供油，双泵系统的高、低压分别由两组溢流阀调整。

通过两组溢流阀可以分别控制在闭模时的低压保护和注射时的注射压力与保压压力：在高速闭模时要执行溢流阀 1 和 5 的压力，大、小泵油同时工作；在进入低压保护阶段时，1 通过 8-1 要接低压回油，原 5 的压力通过电磁阀 7 转换成溢流阀 6 的压力，当低压保护结束时再恢复成 5 的压力就进入高压锁模。在注射时，左泵 2 不参加流量工作，但是 5 却仍维持高压防止模具离缝，而右泵在溢流阀 1 控制的高压下工作；当进入保压时，通过电磁换向阀 8 转换成溢流阀 4 的保压压力做为注射压力的切换。当 8 不工作时右泵系统再接低压回油。

压力表 21-1、21-2 显示，并通过电磁换向阀实现压力级的转换。高压调整不应超过泵的额定压力，低压调整应达到实现模具低压保护的允许

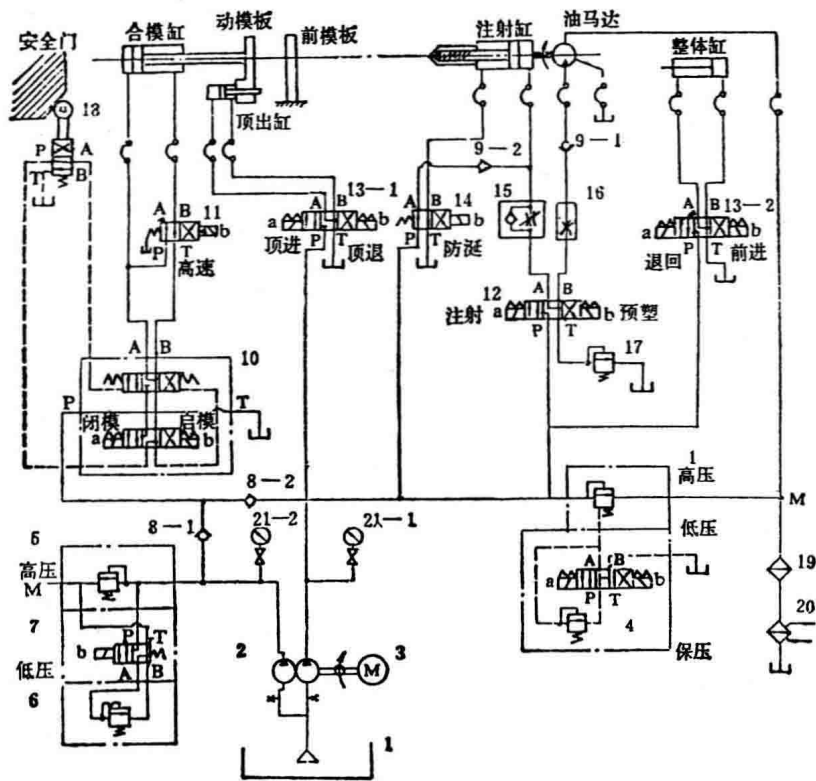


图 3-2-97 注塑机常规液压原理图

压力。

合模分油路的特点是由电液换向阀 10 实现启闭换向控制，并通过 2 位四通电液阀 11 组成差动油路：当油缸的进回油腔接通时实现快速移模，不接通时为慢速移模。通过行程阀 18 对液动换向阀的控制油进行控制，实现液压保护。

顶出油路由电磁换向阀 13-1 进行换向控制。

注射油缸的注射腔由三位电磁换向阀 12a 位接通，并通过单向节流阀 15 调节进油量，实现对注射速度的控制。

螺杆退回，由电磁换向阀 14 和单向阀 9-2 组成回油腔的进油系统。

螺杆预塑的油马达驱动油路由阀 12 的 b 位接通，并通过调速阀 16 对进油量调节，实现对螺杆转速的控制。由于螺杆预塑有退回动作，注射油缸的回油经背压阀 17 回油，并由阀 17 调节预塑背压。单向阀 9-1 对油马达有上逆旋转作用。

注射座油路系统由三位四通电磁换向阀 13-2 对油缸进回油进行切换。

总回油通过滤油器 19 经冷却器流回油箱 1 中。

各电磁阀的动作程序和持续时间，是由各种限位开关、计时仪表等组成的电气系统来控制的。

(2) 比例阀油路系统 比例阀油路系统的特点是在油路系统中有控制流量的和压力的比例元件，即电磁比例流量阀或电磁比例流量换向阀，电磁比例压力阀。

通过外边给定电的模拟信号和磁力的比例作用，来控制阀芯的开口量或阀芯的弹簧力对系统流量或压力进行控制，从而达到注射速度、螺杆速度、启闭模速度与注射压力、保压压力，螺杆转矩、注射座推力、顶出力、模具保护压力实行单级、多级控制或无级控制。

无疑，这种油路与普通油路比不仅更广泛的适应注塑制品加工的工艺条件，提高注塑制品质量的优点，而且能用系统调整工序中所需的压力和流量，节省了功率消耗。但是要求阀的制造精度，使用与维修水平高，油的过滤精度要求较高，以及对与比例阀相匹配的模拟信号放大系统所要求的重复精度也高，否则就不能充分发挥比例阀系统应取得的工效。而且比例阀系统应该尽能与微机控制系统相匹配，实现多级控制。就目前来说，由于国产比例阀的质量尚未取得信誉；另外价格亦较高，再加上“微机”的应用水平和使用水平还较低，因此比例阀液控系统的国产注塑机还没有得到普遍地发展。

如图 3-2-98 (1) 所示为应用在液压机械式合模机构注塑机上的比例阀油路系统。在油路中有两组电磁比例流量换向阀：在合模油路系统的 2H1 与注射油路系统的 4H1。该系统分别对合模油缸和注射油缸以及油马达的进油量和压力进行控制，整个油路大为简化。

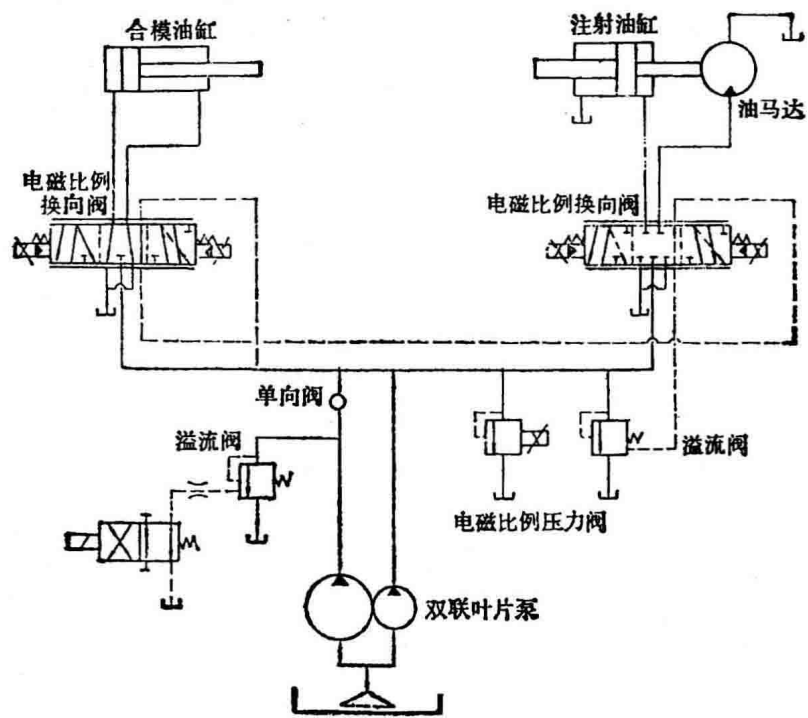
这个油路的特点是：泵组由双联大小叶片泵组成。小泵和大泵分开供油：小泵只供给顶出油缸 7Y1 的供油，动作切换与油量调节均由两个电磁比例换向阀完成。

图 3-2-98 (2) 是带有流量比例阀 ( $T_2$ ) 与压力比例阀 ( $R_2$ ) 的小型直压式典型油路系统。此油路与图 3-2-97 (2) 比较有以下特点：

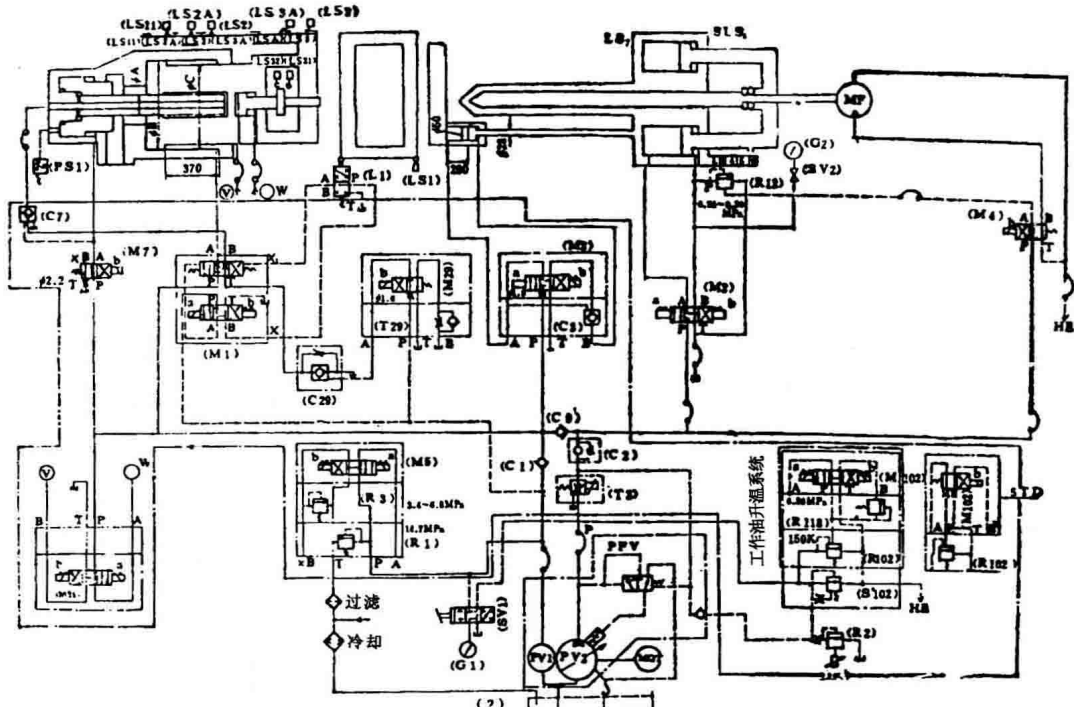
(i) 从省能角度采用可调节的变量泵  $PV_2$ 。 $PV_2$  的控制腔 (弹变腔) 通过 PFV 二位三通液控阀由系统压力控制，当系统无负载时，大泵流量不经过任何阀的压力损耗而直接流回油箱，只有系统存在负载时，才使  $PV_2$  的控制腔与主油路压力接通。

(ii) 为了维持保压阶段注射系统的压力不受合模系统压力的影响，在





(1) 比例阀油路系统



(2) 小型直压式油路系统

图 3-2-98 比例阀油路系统图